



УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ ДОСААФ

Таблица умножения

Л. ЗОЛКИН

Любителям конструировать предлагается построить простую и удобную в обращении «Электронную таблицу умножения», с помощью которой можно попарно перемножать любые числа от единицы до 20. Пользоваться машиной просто. Для перемножения двух чисел следует нажать кнопки, маркированные соответствующими цифрами. Результат умножения индицируется на табло, состоящем из трех цифровых индикаторных ламп. Устройство имеет 21 кнопку (выключатели с самовозвратом). 20 из них маркированы цифрами от 1 до 20, а одна кнопка — знаком *x*.

Для возведения числа в квадрат (умножения числа на самое себя) нажимают кнопку с цифрой, соответствующей этому числу, а также кнопку, маркированную знаком *x*. Принцип работы устройства поясняется рис. 1, где в качестве примера представлена часть схемы управления лампой, индицирующей числа разряда единиц.

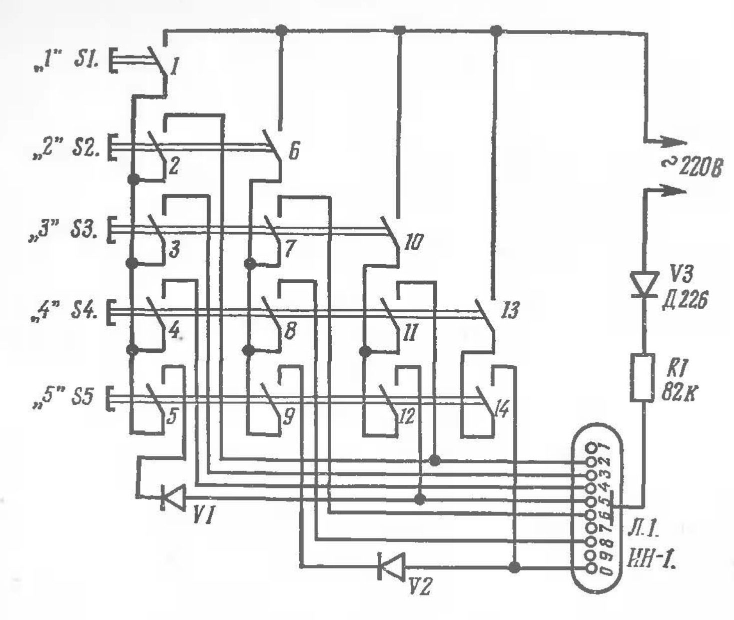


Рис. 1. К пояснению принципа работы устройства

Как следует из схемы рис. 1, при нажатии, например кнопок *S1* и *S2*, маркированных цифрами 1 и 2, замыкаются контакты *1* и *2*, через которые питающее напряжение поступает на катод *2* индикаторной лампы, обеспечивая тем самым воспроизведение результата умножения — цифры 2. Аналогично, при нажатии кнопки *S4* и кнопки *S5* (т. е. при умножении чисел 4 и 5) питающее напряжение поступает на катод *0*, и индикаторная лампа высвечивает цифру 0 разряда единиц произведения 20. Заметим, что при нажатии кнопок *S4* и *S5* замыкаются также (среди прочих) и контакты *8* и *9*, создавая тем самым условия для индикации ложного результата — цифры 8. С целью исключения подобной возможности в устройстве предусмотрены блокирующие диоды. В рассматриваемом примере диод *V2* смещается в обратном направлении, предотвращая высвечивание цифры 8.

Полная принципиальная электрическая схема устройства представлена на рис. 2. Устройство содержит трехразрядную систему индикации, построенную на базе

Рис. 2. Принципиальная схема устройства

цифровых ламп *Л1—Л3* типа ИН-1, массив блокирующих диодов и схему коммутации, управляемую кнопками *S1—S21*. Питание устройства осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В с помощью однополупериодного выпрямителя на диодах *V1* и *V2*.

Описанный выше принцип работы одинаков для всех разрядов устройства. Для каждой индикаторной лампы на кнопочных выключателях предусмотрены свои электрические цепи управления. Так, например, при перемножении двузначных чисел 16 и 17 нажатием соответствующих кнопок замыкаются три (по числу разрядов произведения) электрические цепи: *«в—а»* — при этом индицируется число 2 разряда сотен; *«75—а»*, обеспечивающая высвечивание цифры 7 разряда десятков, и, наконец,— цепь *«9—а»*, замыкание которой обеспечивает индикацию цифры 2, указывающей число единиц в произведении. Остальные цепи, коммутируемые нажатием кнопок *S16* и *S17*, оказываются при этом либо разомкнутыми, либо заблокированными с помощью диодов.

Конструкция устройства может быть самой разнообразной в зависимости от желания и возможностей конструктора. Лампы ИН-1 можно заменить на ИН-2, ИН-8 и другие, необходимо только подобрать в каждом конкретном случае резисторы *R1*, *R2* и *R3* в цепях анодов для оптимальной работы лампы. С увеличением сопротивлений этих резисторов облегчается режим работы блокирующих диодов, но при этом свечение ламп будет слабее. Резисторы можно применить любого типа, например МЛТ или ВС-0,5. Диоды *V1*, *V2*—Д226. В устройстве применены самодельные кнопочные выключатели, конструкция которых представлена на рис. 3. Основные детали выключателя — две фольгированные с обеих сторон контактные планки *1* и *2*, на которые с двух сторон напаяны и для прочности через надрезы *3* стянуты капроновой нитью контакты *4* и *5*. Фольгу между контактами удаляют. Нижнюю планку *2* при сборке выключателя закрепляют неподвижно: она связана заклепками *6* со стойками *7*, которые винтами крепятся к шасси прибора. Стойки *7*, охватывая обе контактные планки, служат также направляющими для верхней подвижной планки *1*. При нажатии на кнопку *8*, связанную винтом *9* с вилкой *10*, планка *1* на шарнирах *11* и подвижных осях (заклепках) *12* опускается

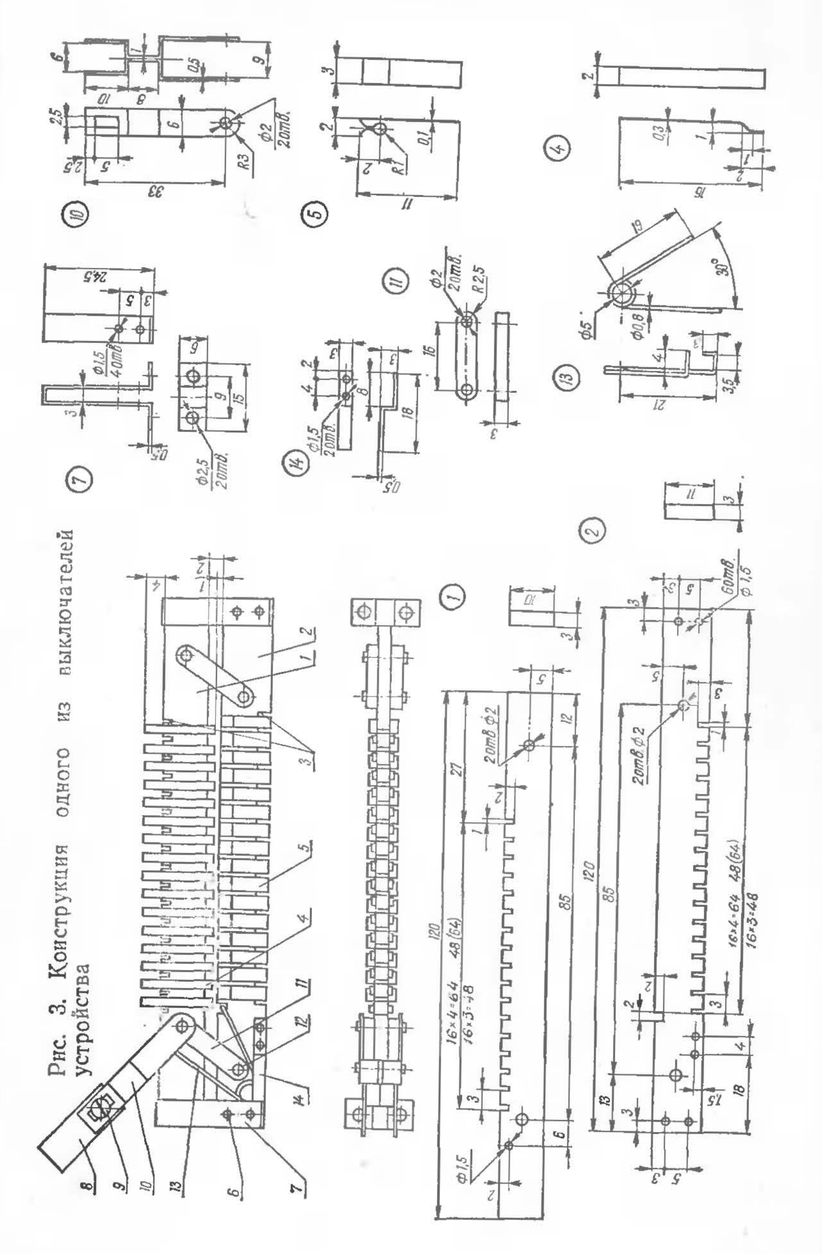


Рис. 3. Конструкция одного из выключателей устройства

та , что выступающие части ее контактов *4* устанавливаются в соответствующие гнезда контактов *5* на планке *2*. В исходном же положении контактная планка *1* отжата вверх силой пружины *13*. Пружина *13* крепится при помощи своих изгибов в отверстии планки *1* и выреза на планке *2* и, кроме того, прижата к планке *2* скобой *14*. Скоба *14* крепится к контактной планке *2* двумя заклепками либо пайкой.

Детали выключателей изготавливают из следующих материалов: для контактных планок *1* и *2* используют фольгированный с обеих сторон стеклотекстолит (текстолит) толщиной 3 мм; контакты *4* планки *1* (32 шт.) выполняют из меди, латуни, листовой бронзы толщиной 0,2—0,3 мм (можно также использовать медный провод диаметром 0,5 мм, расплющив рабочие концы); контакты *5* планки *2* (32 шт.) можно изготовить из латуни, бронзы, пружинящей фольги толщиной 0,1 мм; для заклепок *6* (4 шт.) используют медный или стальной провод диаметром 1,5 мм; для стоек *7* (2 шт.), вилки *10* и скобы *14* используют латунь, бронзу листовую толщиной 0,5 мм; для шарниров *11* (4 шт.) — стеклотекстолит толщиной 3 мм; для заклепок (осей) *12* (4 шт.) — стальной пруток диаметром 2 мм; для пружины *13* (1 шт.) годится стальная проволока диаметром 0,5—1 мм (можно использовать также английские булавки).

Следует иметь в виду, что на рис. 3 приведен чертеж выключателя с наибольшим количеством контактов (*S11*). Исходя из этого количества и рассчитана его общая длина. Для других выключателей расположение контактов на планках *1* и *2* может быть произвольным и не таким плотным. Важно только, чтобы верхние и нижние контакты при смыкании планок точно совпадали. Перед напайкой контактов на планки целесообразно, соединив обе планки, сделать соответствующую разметку и затем удалить с планок фольгу в местах между будущими контактами. Вначале следует напаять на планку *2* все контакты *5* и только затем — контакты *4* на планку *1*, предварительно сочленяя каждый из них с соответствующим контактом *5*. Убедившись, что при сочленении планок выключателя все контакты одновременно замыкаются, можно приступить к остальной сборке: клепке, установке, наладке пружины. В отверстия контактных планок *1* и *2* под оси *12* желательно

Таблица 1

Разряд единиц

цифра 1

D3	*D4*	*D5*	*D6*
7·13 9·X 9·19	11·X 3·7 3·17	1·X 1·11	19·X 13·17

цифра 2

D7	*D8*	*D9*	*D10*
1·12 3·14 4·8 4·13 4·18 7·16	2·16 6·7 6·17 8·14 18·19 6·12	1·2 3·4 9·18 11·12 13·14 16·17	2·6 2·11 8·9 8·19 12·16 14·18

цифра 3

D11		*D12*	
1·3 7·19	9·17 11·13	1·13 3·11	7·9 17·19

цифра 4

D13	*D14*	*D15*	*D16*
3·8 3·18 4·6 4·11 4·16 12·17 12·X 1·14	6·14 6·19 8·13 8·18 8·X 9·16	2·7 2·12 2·17 2·X 13·18 14·16	1·4 6·9 7·12 11·14 16·19 18·X

цифра 5

D17	*D18*	*D19*	*D20*
9·15	11·15	13·15	7·15
D21		*D22*	
1·5	1·15	3·5	3·15
D23		*D24*	
5·7 5·9 5·11 5·13	5·17 5·19 5·15 5·X	15·17	15·19 15·X

цифра 6

D25	*D26*	*D27*	*D28*
1·6 1·16 2·8 2·13 2·18 4·19 4·9 4·14 4·X	3·12 6·11 6·16 6·X 7·8 7·18 9·14	8·17 11·16 12·13 12·18 14·19 14·X	2·3 8·12 16·X 17·18

цифра 7

D29		*D30*	
1·17 3·19	7·11 9·13	1·7 3·9	11·17 13·19

цифра 8

D31	*D32*	*D33*	*D34*
1·8 1·18 2·9 2·14 2·19 3·16 3·6 4·12 4·7 4·17	6·13 6·18 7·14 8·11 8·16 9·12	6·8 12·19 14·17 16·18	2·4 11·18 12·14 13·16

цифра 9

D35	*D36*	*D37*	*D38*
1·9 1·19 3·13 3·X	9·11 13·X 7·17	11·19 17·X	7·X

цифра 0

D43		*D44*	*D45*
5·8 5·12 5·14	5·16 5·18 6·15	14·15	12·15
D39	*D40*	*D41*	*D42*
2·5 2·15	4·5 4·15	5·6 8·15	15·16 15·18

2 9—2549

Таблица 2

Разряд десятков

цифра 1

D46	D47	D48	D49	D50
4·3 5·2 10·1	5·3 7·2 12·1	9·2 14·1 14·8	19·1 19·6 X·4	15·1 15·14

D51	D52	D53	D54	D55
16·1 16·7	17·1 17·7	18·1 18·12	6·2 6·3 11·1 11·10	8·2 13·1 13·9

цифра 2

D56	D57	D58	D59	D60
5·4 7·3 10·2 20·1 20·6 20·11 20·16	7·4 9·3 12·2 12·10 15·8 17·13	13·2 16·8 16·4 18·7 19·12 19·17	14·2 14·9 X·5 X·11 X·15 X·18	6·4 8·3 11·2

цифра 3

D61	D52	D63	D64	D65
12·3 12·11 17·2 17·8 17·14	6·5 8·4 15·2 15·9	7·5 9·4 11·3 16·2	13·3 13·10 19·2 19·7	10·3 18·2 18·13 X·6

цифра 4

D66		D67		D68
9·5 10·4 15·3 19·13 19·18	20·2 20·7 20·12 20·17	11·4 16·3 16·9 16·15	X·7 X·12 8·5 8·6	7·6 12·4 13·11 14·3 14·10 18·8

цифра 5

D69	D70	D71
14·4 14·11 17·3 17·9 17·15 8·7	9·6 11·5 15·10 19·3 19·8 X·16	10·5 13·4 13·12 18·3 18·4

цифра 6

D72		D73	D74
10·6 12·5 15·4 15·11 19·14	20·3 20·8 20·13 20·18	9·7 11·6 13·5 14·12 16·4 16·10	17·4 18·9 X·8 X·13 X·19

цифра 7

D75		D76	
9·8 11·7 12·6 14·5	17·10 17·16 18·15 18·4	10·7 13·6 15·5	16·11 19·4 19·9

цифра 8

D77		D78	
10·8 12·7 14·6 17·5 14·13	17·11 18·16 19·15 X·9	11·8 15·12 16·5 20·4 20·9	18·10 20·14 20·19 X·17

цифра 9

D79			D80
11·9 14·7 16·6 16·12	15·13 19·5 19·10	10·9 12·8 13·7 15·6	18·5 18·11 X·14

цифра 0

D81		D82
13·8 12·9 18·6 18·17 19·11	19·16 20·5 20·10 20·15	15·7 16·18 17·6 17·12 X·10 X·20

Таблица 3

Разряд сотен

цифра 1

D83	D84	D85	*б*	*а*
15·7 15·8 15·9 15·10 15·11 15·12 15·13	16·7 16·8 16·9 16·10 16·11 16·12	17·6 17·7 17·8 17·9 17·10 17·11	11·10 12·9 12·10 12·11 13·8 13·9 13·10 13·11	13·12 14·8 14·9 14·10 14·11 14·12 14·13

D86	D87	D88	D89
18·6 18·7 18·8 18·9 18·10 18·11	19·6 19·7 19·8 19·9 19·10	20·5 20·6 20·7 20·8 20·9	X·10 X·11 X·12 X·13 X·14

цифра 2

D90	D91	D92	D93	*в*
X·15 X·16 X·17	20·10 20·11 20·12 20·13 20·14	19·11 19·12 19·13 19·14 19·15	18·12 18·13 18·14 18·15 18·16	15·14 16·13 16·14 16·15 17·12 17·13 17·14 17·15 17·16

цифра 3		цифра 4	
D4		*г*	*д*
X·18 X·19	18·17 19·16 19·17 19·18	20·15 20·16 20·17 20·18 20·19	X·20

вставить металлические втулки. Для большей прочности контакты *4* и *5* целесообразно притянуть к планкам нитками. Для монтажа следует использовать возможно более тонкий, гибкий, многожильный провод. Припаивать провода к выключателям удобно заранее, до установки их на шасси. Монтаж устройства достаточно сложен и требует от исполнителя большой сосредоточенности. Табл. 1—3 позволяют проверять правильность монтажа в процессе работы, а в случае ошибки — быстро отыскать ее.

Если монтаж выполнен правильно и все электрорадиоэлементы исправны, то необходимость в налаживании устройства отпадает. Высвечивание на табло устройства одной или нескольких ложных цифр свидетельствует о неисправности одного из блокирующих диодов (если воспроизводится также и правильная цифра), либо об ошибке в монтаже. И та, и другая причины неисправности отыскиваются с помощью таблиц. Если на табло устройства наблюдается слабое высвечивание посторонних цифр, то следует увеличить сопротивления в анодных цепях индикаторных ламп.

Автоматический телеграфный ключ

В. КРОЧАКЕВИЧ, (VQ2LE)

Одним из примеров применения логических интегральных микросхем (ИМС) в радиолюбительской практике является предлагаемый вниманию читателей автоматический телеграфный ключ, отличающийся малыми габаритами, высокой надежностью и удобством в эксплуатации.

Для его построения могут быть использованы как диодно-транзисторные, так и транзисторно-транзисторные логические ИМС двух типов: многовходовые логические элементы И-НЕ (вентили) и тактируемые фронтом *JK*-триггеры.

Принципиальная схема ключа приведена на рис. 1. Устройство содержит генератор тактовых импульсов (ГТИ), построенный на вентилях *D1.1* и *D1.2*, триггеры *D3* и *D4*, схему управления триггерами на элементах *D1.3* и *D1.4*, монитор, собранный на вентилях *D2.1, D2.2*

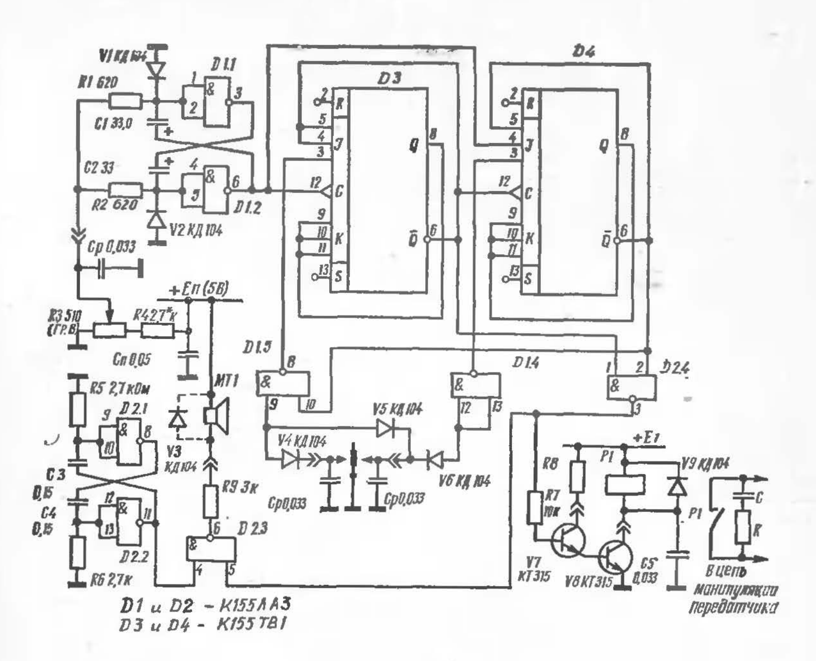


Рис. 1. Принципиальная схема автоматического телеграфного ключа

и *D2.3*, и оконечный каскад на базе элемента *D2.4* и транзисторов *V7* и *V8*. Эпюры напряжений в схеме, иллюстрирующие ее работу, приведены на рис. 2.

Триггеры *D3* и *D4* ключа работают в счетном режиме и делят частоту тактовых импульсов (рис. 2, *а*),

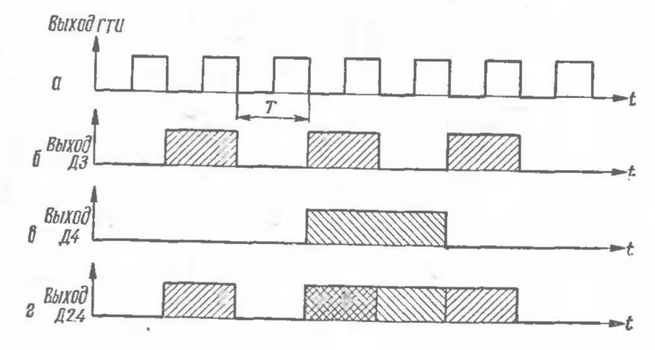


Рис. 2. Эпюры сигналов в схеме

следующих с периодом T, на 2. К оконечному каскаду сигналы с выходов *D3* и *D4* поступают через схему *D2.4*, осуществляющую операцию И. Таким образом, триггер *D3* формирует точки и интервалы длительностью T (рис. 2, *б*), а добавление с выхода *D4* сигнала, показанного на рис. 2, *в*, длительностью $2T$ обеспечивает формирование тире, длительность которых составит, очевидно, $3T$. Суммированный сигнал (см. рис. 2, *г*) с выхода *D2.4* поступает на вход оконечного каскада — на базу транзистора *V7*.

В процессе передачи манипулятором коммутируют входы вентилей *D1.3* и *D1.4*, при этом к триггерам с выходов элементов *D1.3* и *D1.4* поступают сигналы, разрешающие их переключения. Связь инверсного выхода триггера *D4* с входом вентиля *D1.3* необходима для разрешения работы триггера *D3* в режиме счета при формировании сигнала тире независимо от положения манипулятора во время передачи этого знака. В схему предлагаемого ключа введена также дополнительная связь выхода ГТИ с входом J_4 триггера *D4*, исключающая возможность одновременного формирования сигналов $C_3 = 0$ и $J_4 = 1$, что привело бы к вероятности ложной передачи тире вместо точки (подстрочный индекс названия входа триггера соответствует порядковому номеру триггера).

Для оценки преимуществ схемы автоматического телеграфного ключа с применением тактируемых фронтом *JK*-триггеров существенно то обстоятельство, что для переключения *JK*-триггера из нуля в единицу не обязательно длительное присутствие единицы на входе *J*. Чтобы изменить его состояние, достаточно хотя бы кратковременного совпадения по времени сигнала $J = 1$ и вершины тактового импульса. Таким образом, совпадение сигналов $J = 1$ и $C = 1$ при последующих $J = 0$ и $C = 1$ обеспечивает запоминание поступившего управляющего сигнала и, следовательно, память положения манипулятора. В данном случае тактовые импульсы поступают со скважностью, равной 2 (длительность паузы равна длительности импульса), и положение манипулятора запоминается здесь в течение той половины интервала между двумя знаками сообщения, которая непосредственно примыкает к началу очередного знака. Замыкание манипулятора в интервале времени, когда $C_3 = 0$,

не будет иметь отклика. Отметим, что при передаче сообщения с малой скоростью, когда реальная длительность прижатия манипулятора может быть много короче точки (или интервала) между знаками сообщения, обеспечение памяти положения манипулятора требуется во всем интервале, чтобы гарантировать надежный отклик на каждое замыкание манипулятора. Наоборот, при высоких скоростях передачи сообщений реальная длительность прижатия манипулятора может быть несколько длиннее точки. В этом случае память положения манипулятора вообще не нужна (по крайней мере, во всем интервале), так как при ее наличии даже самая малая передержка манипулятора приведет к отработке лишнего знака. Таким образом, построение предлагаемого ключа с памятью положения манипулятора именно в половине интервала между знаками сообщения является решением, в известной мере удовлетворяющим одновременно обоим этим противоречивым требованиям.

ГТИ предлагаемого ключа построен по простой схеме симметричного мультивибратора на вентилях *D1.1* и *D1.2* с хронирующими конденсаторами *C1* и С2. Частоту следования тактовых импульсов и, следовательно, скорость передачи сообщений устанавливают регулировкой *R3* в зависимости от желания или квалификации оператора. При конструировании ключа следует иметь в виду довольно острую зависимость в такой схеме ГТИ частоты генерации от величины питающего напряжения. Так, например, когда положение регулировки *R3* соответствует максимальной скорости передачи сообщения (движок *R3* на корпусе), изменение напряжения питания на 1% вызывает изменение частоты следования тактовых импульсов на 3—5%. Это обстоятельство предъявляет определенные требования к стабильности источника питания. В процессе наладки ГТИ иногда наблюдается срыв или неустойчивость генерации. Суть этого явления состоит в том, что при одновременном заряде конденсаторов *C1* и *C2* до одинакового напряжения, на входы обоих вентилей мультивибратора поступают уровни логического нуля, а на выходах оказываются уровни логической единицы, и генерация, следовательно, отсутствует. Если в процессе настройки в ГТИ произошел такой срыв генерации, следует отключить питание и разрядить оба конденсатора. С точки зрения

устойчивой генерации ГТИ напряжение питания в схему ключа следует подавать резким фронтом, например с помощью тумблера. Диоды *V1* и *V2* предназначены для защиты входов вентилей *D1.1* и *D1.2* от отрицательных полуволн напряжения, образующихся при перезаряде конденсаторов *C1* и *C2*. Отсутствие этих диодов может привести к сбоям в работе ключа.

Как уже говорилось, в устройстве, изображенном на рис. 1, на выходе ГТИ формируются импульсы со скважностью, равной 2 (меандр), что обеспечивает память положения манипулятора в половине интервала между знаками сообщения. В пределах этого интервала память может быть увеличена или сокращена по желанию конструктора. Для этого достаточно нарушить симметрию плеч мультивибратора путем изменения емкостей конденсаторов *C1* и *C2*.

Наличие в схеме ключа монитора, хотя бы в виде макета, существенно упрощает процесс наладки устройства, а использование монитора в окончательной конструкции не ухудшает общей надежности и помехоустойчивости ключа, но зато облегчает работу оператора.

В данном случае монитор — низкочастотный генератор сигналов прямоугольной формы, собран по схеме мультивибратора на логических элементах *D2.1* и *D2.2*. В состав монитора входит также ключевой буферный каскад на вентиле *D2.3*. К входу монитора могут быть подключены один высокоомный или ряд низкоомных наушников. Наиболее эффективно применение микротелефона ТМ-2М.

Выходной каскад телеграфного ключа можно строить по различным принципиальным схемам, как с использованием транзисторов, так и микросхем. На рис. 3 приведен вариант построения выходного каскада ключа с применением микросхем серии К155, а на рис. 4 и 5 — с применением транзисторов, например КТ315. Каждый из этих вариантов обладает своими достоинствами и недостатками, которые следует учитывать при конструировании. В частности, при построении транзисторного варианта выходного каскада для его питания можно использовать относительно высокие напряжения, ограничиваемые лишь величиной предельно допустимого напряжения «коллектор — эмиттер» применяемого транзистора,— отсюда широкий выбор типов реле *P1*, номинальные токи срабатывания которых не должны превышать 100 мА (применительно к транзисторам КТ315). К тому же площадь монтажа, занимаемая двумя транзисторами КТ315, меньше площади, занимаемой микросхе-

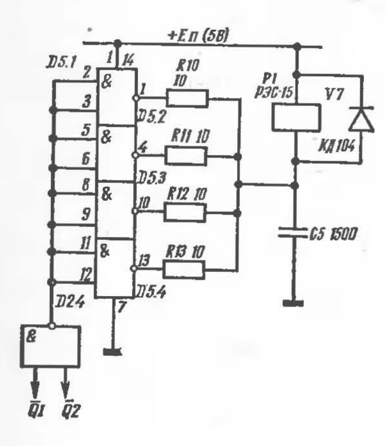


Рис. 3. Вариант построения выходного каскада ключа на логических микросхемах

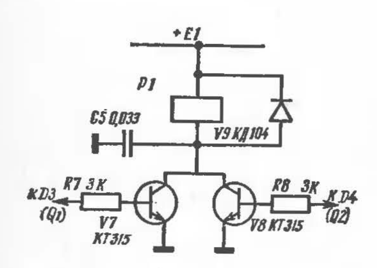


Рис. 4. Вариант построения выходного каскада ключа на транзисторах (срабатывание на замыкание реле *P1*)

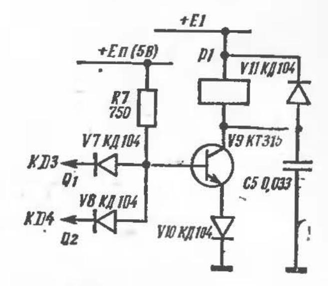


Рис. 5. Вариант построения выходного каскада ключа на транзисторе (срабатывание на размыкание реле *P1*)

мой. При построении же интегрального варианта выходного каскада питание реле и логических микросхем должно осуществляться одним и тем же напряжением, а ограничение максимального выходного тока каждого вентиля (15—30 мА) затрудняет выбор реле с надлежащими уровнями напряжения и мощности срабатывания. Кроме того, конструкция в этом варианте загружается

достаточно большим количеством навесных элементов (*R10—R13* на рис. 3) для равномерного распределения нагрузки на каждый вентиль.

Применять микросхемы в выходном каскаде ключа целесообразно лишь в тех случаях, когда вся оператив-

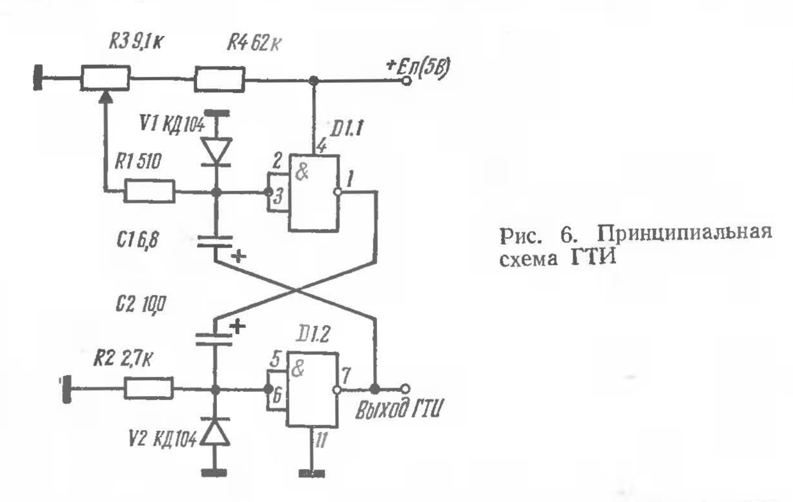


Рис. 6. Принципиальная схема ГТИ

ная автоматика радиостанции выполнена на логических элементах с тем же напряжением питания (+5 В), причем источник питания обладает достаточной выходной мощностью. Применение транзисторных каскадов, изображенных на схемах рис. 4 и 5, обосновано в случаях, когда с целью сокращения количества микросхем из конструкции исключены монитор и вентиль *D2.4*. В остальных случаях целесообразно построение оконечного каскада по схеме рис. 1.

Особый интерес представляет использование в составе телеграфного ключа ГТИ, принципиальная схема которого изображена на рис. 6. Здесь с помощью резистора *R3* одновременно регулируется частота и скважность тактовых импульсов. Это позволяет при малых скоростях передачи работать с памятью положения манипулятора практически во всем интервале между знаками сообщения, обеспечивая тем самым однозначный отклик ключа на любое кратковременное замыкание манипулятора. При максимальной же скорости работы ключа память положения манипулятора в интервале

между смежными знаками сообщения практически отсутствует, что исключает отработку лишних знаков сообщения при возможных передержках манипулятора. Отметим, что в середине диапазона регулирования скорости память положения манипулятора, как и в схеме ключа рис. 1, охватывает половину интервала между смежными знаками сообщения.

Параметры навесных элементов и номера выводов микросхем указаны на рисунках для случая применения ИМС серий К155 или К136. В качестве вентилей *D1.1—D1.4* и *D2.1—D2.4* можно использовать К155ЛА3 или К136ЛА3, а в качестве триггеров *D3* и *D4* — ИМС К155ТВ1 или К136ТВ1. Таким образом, схема построена на четырех интегральных микросхемах. Однако, исключив из схемы монитор и изменив построение выходного каскада, можно обойтись тремя микросхемами, а применение ИМС, содержащих два *JK*-триггера в одном корпусе, например К134ТВ14, сокращает количество микросхем до двух.

Можно применять любые кремниевые или германиевые малогабаритные диоды с малыми токами утечки, но удачнее всего с микросхемами сочетаются микроминиатюрные диоды КД102 или КД104 с любыми буквенными индексами.

Некоторые входы микросхем при построении схемы ключа остаются незадействованными. В общем случае для повышения помехоустойчивости ключа на незадействованные входы следует подавать напряжение логической единицы (+2,5—+4 В), а также шунтировать выводы питания каждой микросхемы в месте ее установки конденсатором емкостью 0,1 мкФ. Однако, учитывая отсутствие в схеме рис. 1 длинных линий, разводящих мощные импульсы с крутыми фронтами, и достаточно большие мощности срабатывания элементов серий К155 и К136, вполне допустимо незадействованные входы оставлять неподключенными (как, например, установочные входы *R* и *S* триггеров *D3* и *D4*). Незадействованные входы *J* и *K* триггеров можно также оставлять неподключенными, либо объединять между собой незадействованные входы *J* с одним из задействованных входов *J* или же с выходом $\bar{Q}$; а входы *K* — с выходом каждого триггера, тем более что конструктивно входы *J* большинства интегральных *JK*-триггеров расположены

рядом с выходом $\bar{Q}$, а входы K — с выходом Q. Это решается в каждом конкретном случае в процессе составления монтажной схемы. Незадействованные входы вентилей 2И-НЕ объединяются с рабочими. В стадии макетирования и наладки, однако, незадействованные выводы подключать не рекомендуется; тогда в случае выхода из строя одного из рабочих входов можно будет использовать ранее незадействованный.

Для повышения общей помехоустойчивости ключа в случаях недостаточно эффективно экранированного выходного каскада передатчика или при наличии других помех в местах подключения к устройству проводников от движка потенциометра *R3* и электродов манипулятора при необходимости следует установить развязывающие конденсаторы $C_р$ емкостью 0,022—0,068 мкФ. Диод *V4* установлен для защиты входа вентиля *D1.3* от наводок положительной полярности, что повышает помехоустойчивость по цепям манипуляции. Конденсатор *C5* необходим для исключения воздействия на схему ключа коммутационных помех, возникающих при работе реле *P1*. Контакты реле *P1* в цепи манипуляции передатчика шунтированы *RC*-цепью для исключения их искрения, а также для электрической нейтрализации вибрации контактов в момент коммутации. Это требование не является специфическим в связи с применением микросхем в конструкции ключа; его, однако, важно иметь в виду, особенно при попытках имитировать кнопкой действие ГТИ, для проверки действия логической части схемы ключа. Конденсатор $C_п$ емкостью 0,047—0,068 мкФ включен на шины питания для предотвращения импульсных всплесков напряжения в моменты переключения элементов схемы в процессе работы ключа.

Усилительно-коммутационное устройство с сенсорным управлением

Е. АБАРДОВСКИЙ, Е. ЛИПОВЕЦКИЙ

Наиболее слабым, с точки зрения надежности, звеном звукоусилительного тракта является узел коммутации, выполняемый, как правило, на переключателях П2К. Надежность и качество работы этого звена можно значительно повысить, применив сенсорное управление и электронную коммутацию.

Предлагаемое усилительно-коммутационное устройство (УКУ) с сенсорным управлением построено на интегральных микросхемах серий К140, К190, К134 и транзисторах и предназначено для высококачественного воспроизведения стереофонических и монофонических программ от магнитофона, электрофона, тюнера и телевизора.

Выходная мощность усилителя 2 × 30 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом и коэффициенте нелинейных искажений не более 0,5% в диапазоне частот 10 Гц — 30 кГц. Чувствительность со входа *«Тюнер»* составляет 100, а остальных трех входов — 250 мВ (входное сопротивление во всех случаях равно 100 кОм). Сигнал на выходе *«Запись на магнитофон»* 100 мВ, выходное сопротивление 10 кОм. Стереобаланс в каждом канале регулируется в пределах ±14 дБ. Пятиполосный регулятор тембра на частотах 40 и 200 Гц; 3; 7,5 и 16 кГц обеспечивает пределы регулировки не менее ±20 дБ. Рассогласование каналов по усилению и частотным характеристикам не более 2 дБ.

В составе УКУ блок сенсорного управления выполняет следующие функции: обеспечивает включения УКУ

в режимы воспроизведения программ с любого из четырех входов и в режим акустического контроля фонограммы, записываемой на магнитофон с раздельными каналами записи и воспроизведения; осуществляет переключение режимов *«Моно-Стерео»*, включение шумоподавителя и ступенчатое снижение громкости на 20 дБ.

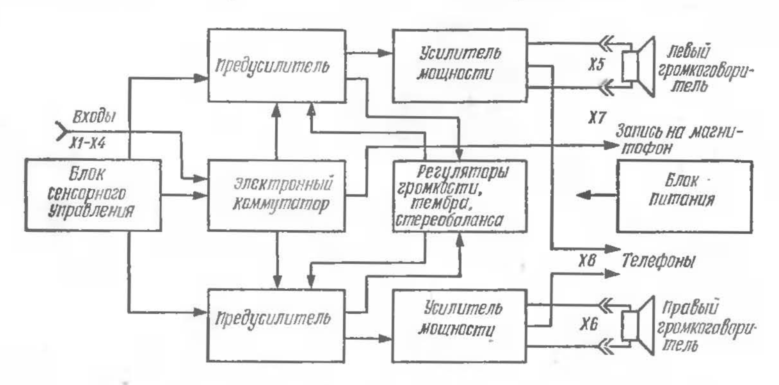


Рис. 1. Функциональная схема УКУ

Стереофоническое УКУ, функциональная схема которого приведена на рис. 1, содержит два идентичных канала (левый и правый), каждый из которых включает в себя функционально законченные предусилитель с регулировками и оконечный усилитель мощности. Кроме того, в составе УКУ имеются общие для обоих каналов блок сенсорного управления, коммутатор и блок питания.

Сигналы с входных разъемов *X1—X4* поступают на электронный коммутатор, управление которым осуществляется сигналами с сенсорного блока. С выхода коммутатора нормированный по амплитуде сигнал поступает на входы предварительных усилителей левого и правого каналов. Каждый предусилитель содержит цепи регулировок громкости, стереобаланса и тембра, а также пороговый шумоподавитель и ступенчатый делитель сигнала на 20 дБ, включаемые сигналами с блока сенсорного управления.

С выходов предусилителей сигнал поступает на входы усилителей мощности, а затем — на выходные разъемы УКУ, предназначенные для подключения громкоговорителей и головных телефонов. С выходов усилителей мощности сигнал поступает также на индикаторы уровня мощности.

Блок сенсорного управления предназначен для управления режимом и индикации работы УКУ. Блок состоит из двух независимых узлов: переключателя входов на 4 положения с зависимым выключением и четырех переключателей режимов работы с независимым выключением. Сенсорные площадки представляют собой металлические стержни, концентрически расположенные в отверстиях передней панели, поверхность которой служит корпусным проводником. Прикосновение пальца одновременно к стержню и корпусу включает между ними сопротивление тела человека (< 2 МОм); тем самым обеспечивается срабатывание соответствующей ячейки блока сенсорного управления.

Переключатель входов, принципиальная электрическая схема которого изображена на рис. 2, содержит четыре (по числу входов УКУ) ячейки, каждая из которых собрана по схеме несимметричного триггера на биполярном и полевом транзисторах.

В исходном состоянии и биполярные транзисторы *V2—V5*, и полевые (транзисторы *V1.1—V1.4* интегрального коммутатора К190КТ2) заперты.

Однако при прикосновении, например к сенсорной площадке *«Магнитофон»*, транзистор *V1.2* открывается, и его ток стока открывает транзистор *V3*. Благодаря положительной обратной связи через резистор *R8* коллектора транзистора *V3* с затвором транзистора *V1.2* этот процесс протекает лавинообразно, заканчиваясь насыщением транзистора *V3*.

Все ячейки связаны между собой через резистор *R2*, являющийся истоковой нагрузкой управляемых полевых транзисторов. Поэтому прикосновение к любой другой площадке переключателя вызовет не только опрокидывание соответствующего этой площадке триггера, но и увеличение падения напряжения на резисторе *R2*, закрыванию транзистора *V1.2* и возвращению триггера ячейки *«Магнитофон»* в исходное состояние. Резистор *R2* выбирают такой величины, чтобы невозможно было включить одновременно более одного входа. Конденсаторы *C1*, *C3*, *C5* и *C7* защищают устройство (см. рис. 2) от случайных включений, а конденсатор *C1*, кроме того,

Рис. 2. Принципиальная схема переключателя входов

8 6–2549

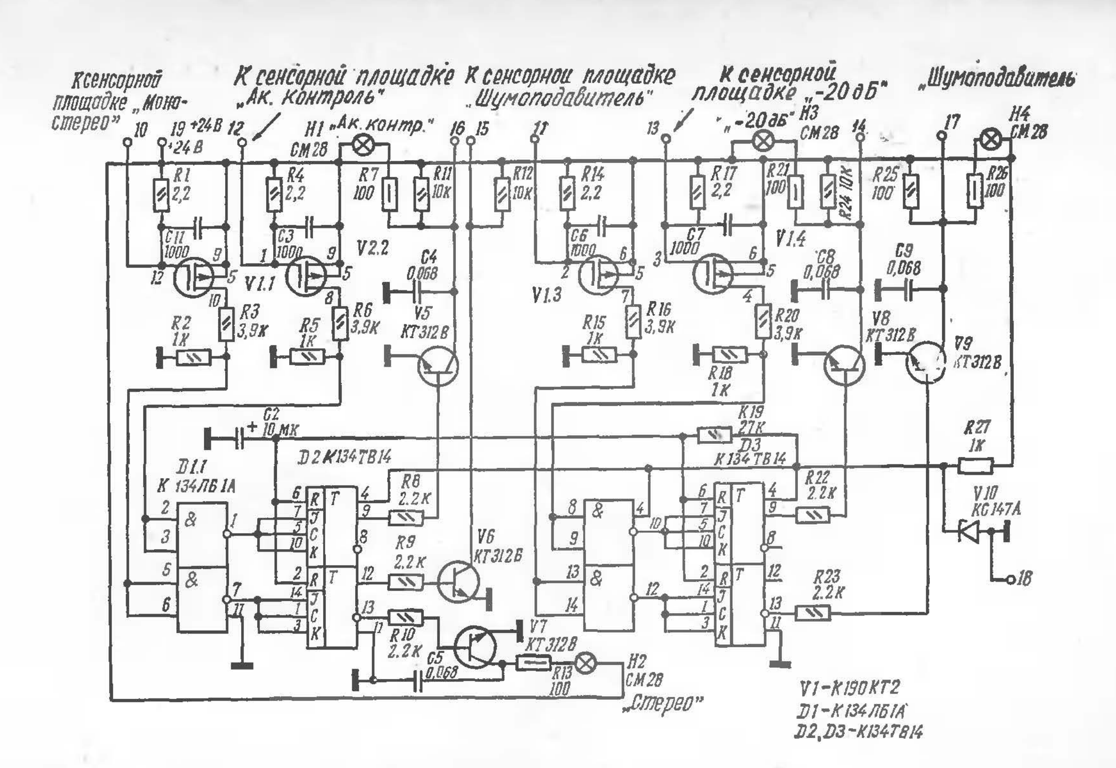


Рис. 3. Принципиальная схема переключателя режимов

обеспечивает автоматическую установку электронного переключателя входов в положение *«Звукосниматель»* при включении напряжения питания.

Коллекторные потенциалы транзисторов *V2—V5* служат управляющими для коммутатора. Состояния триггеров, т. е. подключения входов устройства индицируются на передней панели УКУ лампами *H1—H4*, включенными в коллекторные цепи биполярных транзисторов.

Переключатель режимов, выполненный по принципиальной электрической схеме рис. 3 собран на полевых транзисторах *V1.1—V1.4* микросхемы К190КТ2, инверторах *D1.1* и *D1.2* (микросхема К134ЛБ1А), четырех *JK*-триггерах *D2* и *D3* микросхем К134ТВ14 и транзисторах *V5—V9*. Полевые транзисторы в исходном состоянии заперты; открываются прикосновением к соответствующей сенсорной площадке. Так, например при прикосновении к сенсорной площадке *«Моно-Стерео»*, открывается транзистор *V1.1* и нарастающее падение напряжения на резисторе *R2* его стоковой нагрузки, действуя через инвертор, опрокидывает триггер. С выходов триггера управляющие сигналы через ключевые каскады на транзисторах *V6, V7* поступают на электронный коммутатор и индикаторную лампу *H2*. Повторное прикосновение к сенсорной площадке *«Моно-Стерео»* возвращает транзистор *V1.1* и остальные элементы этой ячейки в исходное состояние.

Триггер ячейки *«Моно-Стерео»* в отличие от остальных ячеек, нагружен на два транзистора — *V6* и *V7*. При включении УКУ в режим работы *«Стерео»* транзистор *V6* формирует сигнал управления, а *V7* включает индикаторную лампу *H2*. В остальных ячейках переключателя режимов (см. рис. 2, *б*) обе эти функции выполняет один и тот же ключевой транзистор. Цепи индикаторных ламп в этих ячейках шунтированы резисторами *R11, R24* и *R25*, что обеспечивает работоспособность транзисторных ключей даже в случаях перегорания индикаторных ламп *H1, H3, H4*.

При включении напряжения питания резистор *R19* и конденсатор *C2* обусловливают некоторую задержку появления напряжения на входах *R* триггеров. Таким образом, УКУ автоматически включается в режим работы *«Стерео»* с шумоподавлением.

Сигнал с входных разъемов УКУ *X1—X4* поступает на электронный коммутатор, принципиальная электрическая схема которого представлена на рис. 4. Здесь осуществляется нормирование сигнала по амплитуде, а также все необходимые переключения в соответствии с

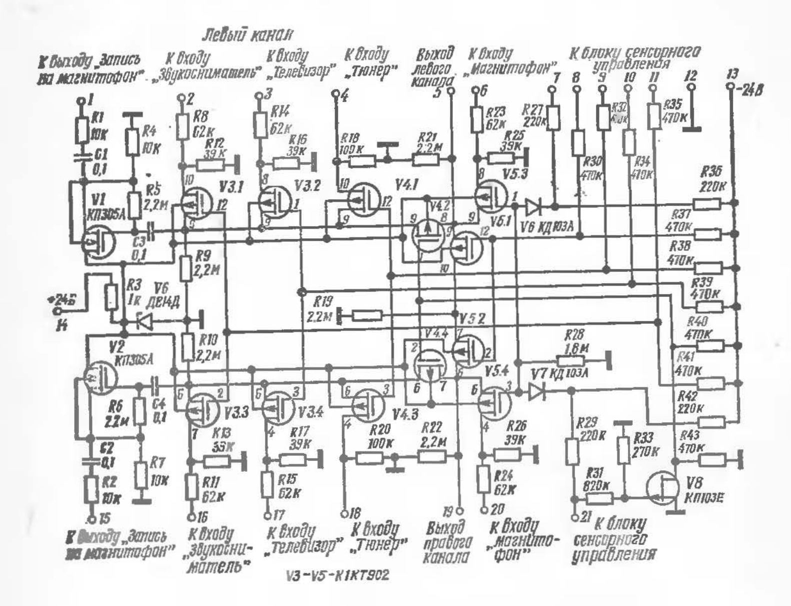


Рис. 4. Принципиальная схема электронного коммутатора

командами блока сенсорного управления. Электронный коммутатор собран на микросхемах К190КТ2.

Управление полевыми транзисторами осуществляется с помощью делителей напряжения питания минус 24 В, образованных резисторами *R27, R29, R30, R32, R34—R42* и переходами коллектор — эмиттер ключевых транзисторов *V2—V5* (см. рис. 2) и *V6, V9* переключателя режимов (см. рис. 3). Таким образом, состояние каналов коммутатора (см. рис. 4) определяется состоянием ключевых транзисторов блока сенсорного управления. Так, например, когда транзистор *V3* в схеме рис. 2 заперт, потенциал его коллектора близок к +24 В, а в коммутаторе (см. рис. 4) на затворах полевых транзисторов *V5.3* и *V5.4* микросхемы К190КТ2 потенциал близок

к нулевому, что обеспечивает запертое состояние каналов *V5.3* и *V5.4* и тем самым надежное (с сопротивлением, превышающим 100 МОм), отключение входа *«Магнитофон»* УКУ от предварительных усилителей. При прикосновении же к сенсорной площадке *«Магнитофон»* транзистор *V3* (см. рис. 2) открывается до насыщения и потенциал его коллектора с +24 В уменьшается практически до нулевого. Поэтому и в устройстве на рис. 4 потенциал на затворах полевых транзисторов *V5.3* и *V5.4*, обеспечиваемый делителем напряжения на резисторах *R30, R37*, уменьшается примерно до минус 12 В. Тогда полевые транзисторы *V5.3* и *V5.4* коммутатора (см. рис. 4) открываются, обеспечивая тем самым подключение входа *«Магнитофон»* УКУ к предварительным усилителям через сопротивление, не превышающее 100 Ом. Сигнал на выход УКУ *«Запись на магнитофон»* поступает после нормирования амплитуды с истоковых повторителей на полевых транзисторах *V1* и *V2*. В режиме *«Акустический контроль»* прослушивание фонограммы осуществляется со входа *«Магнитофон»*, при этом с остальных трех входов УКУ можно производить только запись на магнитофон, выбирая источник сигнала обычным образом. Это достигается отключением от входов предусилителей остальных трех входов УКУ путем запирания транзисторов *V4.2* и *V4.4* напряжением, снимаемым со стока транзистора *V8* при его открывании по команде *«Акустический контроль»* с блока сенсорного управления. По команде *«Моно»* выходы электронного коммутатора замыкаются между собой через открывающиеся транзисторы *V5.1* и *V5.2*.

Предварительный усилитель в каждом канале устройства выполнен по принципиальной электрической схеме рис. 5 на интегральных операционных усилителях *A1*—*A4* (К140УД7) и полевых транзисторах *V1* и *V2* КП304А.

Сигнал с выхода электронного коммутатора подается на первый каскад, выполненный на микросхеме *A1* неинвертирующим усилителем с большим входным сопротивлением и коэффициентом усиления 20 дБ. Включением конденсатора *C2* полоса пропускания этого каскада ограничена до 30 кГц для уменьшения проникновения на выход устройства помехи частоты подмагничивания в режиме записи на магнитофон.

При включении с блока сенсорного управления команды *«—20 дБ»* транзистор *V1* открывается и шунтирует резистор *R6*, снижая тем самым коэффициент усиления первого каскада до 0 дБ.

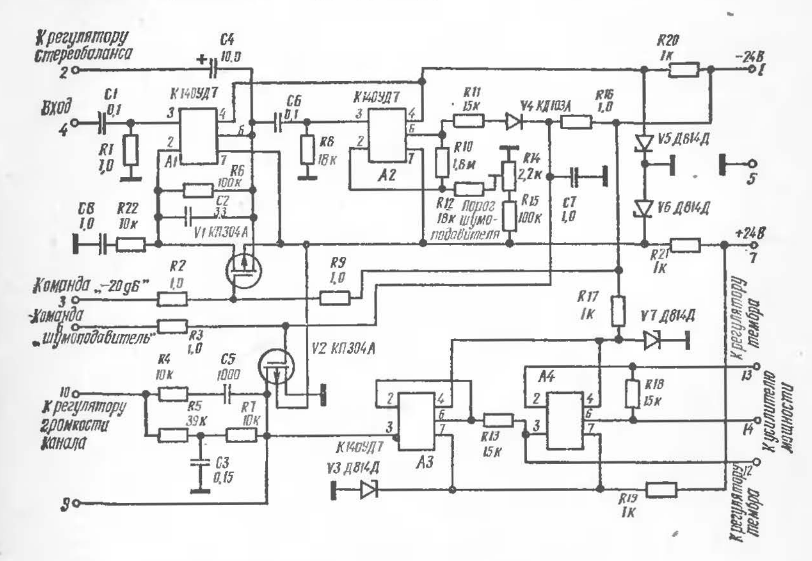


Рис. 5. Принципиальная схема одного из каналов

С выхода микросхемы *A1* сигнал подан на регулятор стереобаланса и на вход шумоподавителя, собранного на базе микросхемы *A2*.

Шумоподавитель работает следующим образом. Интегральный операционный усилитель *A2* нагружен на детектор, содержащий диод *V4* и конденсатор *C7*. В случае превышения входным сигналом порога, задаваемого при помощи потенциометра *R14*, выпрямленный выходной сигнал микросхемы *A2* заряжает конденсатор *C7* через резистор *R11*. При этом напряжение на конденсаторе *C7* из отрицательного, поступающего с делителя на резисторах *R16* и *R3*, становится положительным и закрывает транзистор *V2*, шунтировавший выход регулятора громкости. Таким образом, примерно через 0,1 с после превышения сигналом порога он воспроизводится на выходе. После прекращения сигнала в паузе резкое

уменьшение коэффициента усиления происходит примерно через 1 с. Таким образом, выключение шумоподавителем звуковоспроизводящего тракта УКУ происходит тогда, когда слушатель еще не успел привыкнуть к снижению громкости и ощутить шумы и фон в паузе фонограммы. В случаях воспроизведения фонограммы, динамический диапазон которой превышает 40 дБ, шумоподавитель может исказить звучание, выключая звуки малой громкости. В подобных случаях шумоподавитель такого типа, вообще говоря, не нужен, и его поэтому следует выключать.

С выхода тонкомпенсированного регулятора громкости (элементы схемы тонкомпенсации: *R4, R5, R7, C3, C5*) сигнал поступает на вход микросхемы *A3*, включенной по схеме повторителя с большим входным сопротивлением, а затем на темброблок, потенциометры регулировки тембра которого включены между входами операционного усилителя *A4*. Поэтому в зависимости от положения движков потенциометров регулировки тембров (резисторы *R1—R5* на схеме рис. 7) сигнал ослабляется либо усиливается в полосе частот, определяемой контуром каждого потенциометра. С выхода микросхемы *A4* сигнал поступает на усилитель мощности.

Усилитель мощности, принципиальная электрическая схема которого приведена на рис. 6, содержит входной каскад на операционном усилителе *A1* (К140УД5Б), усилительный каскад на транзисторе *V5* и выходной двухтактный каскад на транзисторах *V9—V14*. Усилитель мощности охвачен двумя цепями обратной связи: параллельной отрицательной по напряжению, через резистивный делитель *R6* и *R8*, задающий также коэффициент усиления всего усилителя, и последовательной положительной по току на элементах *R2, R3, R4, R5, C1, C3*, осуществляющей активное демпфирование громкоговорителя.

Транзистор *V5*, включенный по схеме с общим эмиттером, осуществляет дополнительное усиление напряжения, поскольку амплитуда сигнала на выходе микросхемы *A1* (К140УД5Б) недостаточна для работы мощного оконечного каскада.

Выход микросхемы *A1* гальванически связан с базой транзистора *V5* с помощью стабилитронов *V3* и *V4*. Такая связь позволила обеспечить согласование исходных

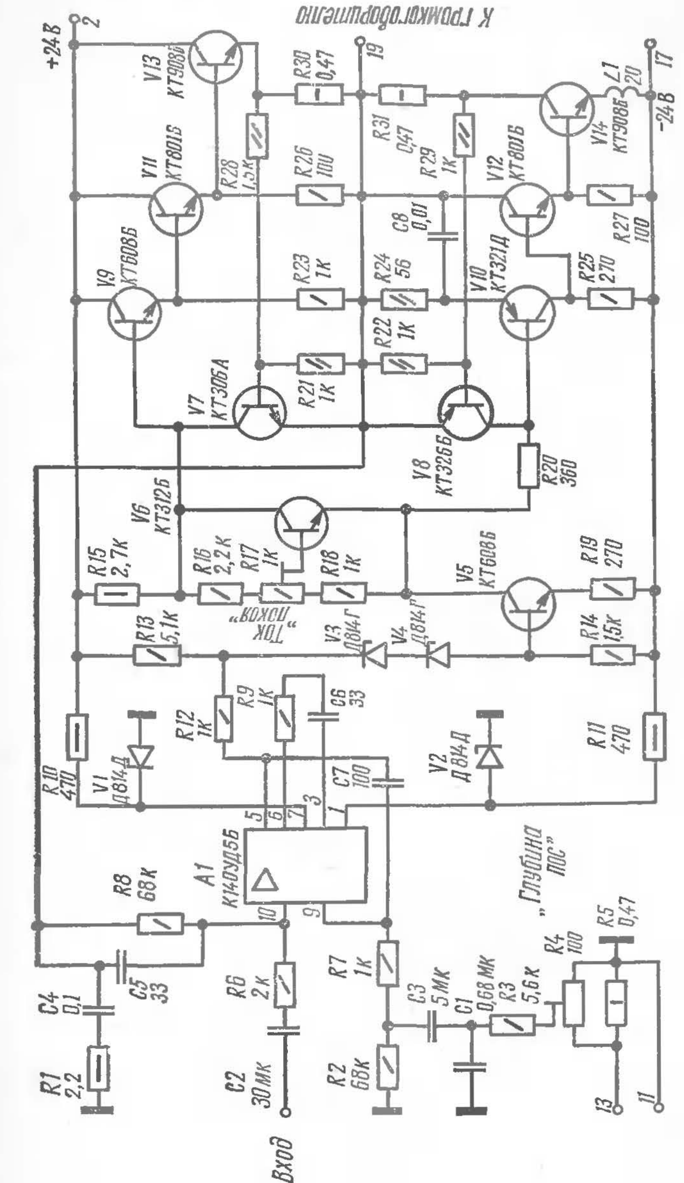


Рис. 6. Принципиальная схема усилителя мощности

уровней этих каскадов без потери коэффициента усиления по напряжению.

Выходной каскад усилителя мощности выполнен по двухтактной схеме и работает на однотактную нагрузку. Стабилизация начального тока выходного каскада осуществляется местной тепловой обратной связью с помощью транзистора *V6*, корпус которого имеет хороший тепловой контакт с радиатором оконечных транзисторов *V13, V14*. Потенциометр *R17* предназначен для установки тока покоя выходного каскада.

Усилитель защищен от короткого замыкания и перегрузки по выходу применением нелинейной отрицательной обратной связи по току, выполненной на элементах *R30, R31* и *V7, V8*. В случае когда сила тока через выходные транзисторы *V13* или *V14* превышает 3 А, транзистор *V7* (или *V8* соответственно) откроется и ограничит уровень входного сигнала, что в свою очередь ограничит и уровень тока через транзисторы *V13* и *V14*.

Глубокая отрицательная обратная связь в усилителе мощности позволила значительно снизить нелинейные искажения, обусловливаемые неидентичностью параметров выходных транзисторов, и, кроме того, использовать для питания оконечного каскада нестабилизированный выпрямитель без ухудшения практически отношения сигнал/фон на выходе усилителя. В частности, применение нестабилизированного источника питания значительно повысило КПД устройства в целом.

За счет 100%-ной отрицательной обратной связи по постоянному напряжению (резисторы *R6* и *R8* и конденсатор *C2*) исключается постоянный ток через нагрузку, гальванически связанную с усилителем мощности. Действительно, на выходе усилителя мощности дрейф постоянного напряжения не превышает ±20 мВ при изменениях температуры окружающей среды от —20 до +60° С.

Операционный усилитель *A1* питается от стабилитронов *V1* и *V2*.

Конденсаторы *C4—C7* обеспечивают устойчивость усилителя при замкнутой петле отрицательной обратной связи по напряжению.

Высокочастотный дроссель *L1*, включенный в цепь эмиттера выходного транзистора *V14*, обеспечивает

устойчивость выходного каскада на частотах 5—20 МГц.

Конденсатор *C8* является форсирующим: он уменьшает динамические искажения, вносимые квазиэмиттерным повторителем на транзисторах *V10, V12, V14*.

Верхняя граница полосы пропускания усилителя мощности по уровню —3 дБ составляет 140 кГц. Таким образом, обеспечена высокая линейность фазовой характеристики усилителя до частот 20 кГц. Быстродействие усилителя мощности составляет 5 В/мкс, что обеспечивает высокую точность воспроизведения и отсутствие динамических искажений импульсных сигналов.

Принципиальная электрическая схема соединения функциональных устройств УКУ представлена на рис. 7. Там же приведены принципиальные электрические схемы регуляторов громкости, тембра, стереобаланса, а также блока питания и индикаторов уровня мощности, отдаваемой в нагрузку.

Описанные функциональные узлы и блоки УКУ смонтированы на отдельных печатных платах, сочленяемых с помощью разъемов типа МРН на коммутационной плате, изготовленной из текстолита. На этой же коммутационной плате размещены выходные транзисторы с теплоотводящими радиаторами, силовой трансформатор, выпрямитель, а также электролитические конденсаторы фильтра питания. Соединения между этими элементами выполнены в подвале коммутационной платы объемными проводниками.

Коммутационная плата установлена на дюралюминиевой раме — двух уголковых профилях, привинченных к коробчатой передней и задней панелям. На задней панели закреплены входные и выходные разъемы устройства, сетевые и выходные предохранители и сетевой шнур.

На передней панели установлены: выключатель сети, выключатель громкоговорителей, стрелочные индикаторы уровня мощности, отдаваемой в нагрузку, сенсорные площадки и движковые потенциометры регуляторов громкости, стереобаланса и тембра. С внутренней стороны на передней панели с помощью стоек установлены печатные платы блока сенсорного управления и контуров регуляторов тембра.

Сенсорные площадки:
„Звукосниматель"
„Магнитофон"
„Тюнер"
„Телевизор"
„Моно-стерео"
„Шумоподавитель"
„Ак. контр."
„-20 дБ"

Блок сенсорного управления

электронный коммутатор

Предусилитель

Предусилитель

X1 „Звукосниматель"
X2 „Магнитофон"
X3 „Тюнер"
X4 „Телевизор"

а

Усилитель мощности

Усилитель мощности

„Тембр" „40Гц" „200Гц" „3кГц" „7,5кГц" „16кГц"

„Стерео-баланс"
„Громкость"

V1–V4 КД201А
„Напряж. сети"
„Сеть"
X9 ~220В

„Калибровка"
PA1 „Левый канал"
PA2 „Правый канал"
„Калибровка"

S1 „Выключение громкоговорителей"
X5 „Левый громкоговоритель"
X6 „Правый громкоговоритель"
X7 „Запись на магнитофон"
X8 „Телефоны"

б

Рис. 7 (а и б). Принципиальная схема соединения функциональных узлов УКУ

Катушки индуктивности колебательных контуров намотаны на ферритовых кольцах. С целью снижения уровня наводок плата с контурами заключена в экран, выполненный из отожженного пермаллоя. С этой же целью силовой трансформатор намотан на витом тороидальном сердечнике.

Несущая передняя панель закрыта спереди фальшпанелью из дюралюминия толщиной 3 мм. В фальшпанели выполнены отверстия для кнопок, индикаторов, движковых потенциометров и сенсорных площадок. Эскиз конструктивного исполнения одной из сенсорных площадок представлен на рис. 8. Сенсорные контакты выполнены из сплава В95 в виде стоек, концентрично расположенных в зенкованных отверстиях фальшпанели, соединенной электрически с корпусом устройства. Такая конструкция обеспечивает при использовании сенсорной площадки одновременное касание и к сенсорному контакту, и к корпусу устройства.

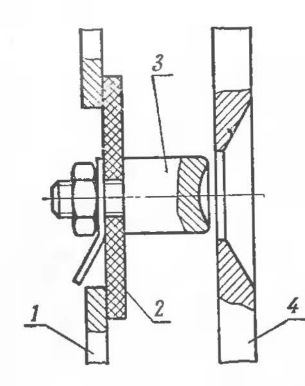


Рис. 8. Эскиз конструкции сенсорной площадки

1 — несущая панель;
2 — текстолитовая шайба;
3 — сенсорный контакт;
4 — фальшпанель

Налаживание УКУ следует начинать только после проверок правильности монтажа и работоспособности блока питания. Вначале регулируют токи покоя в оконечных каскадах усилителей мощности: регулировками резистора *R17* (см. рис. 6) их устанавливают равными 50-70 мА. Контроль токов покоя при этой операции осуществляют с помощью миллиамперметра, включенного в цепь коллектора одного из выходных транзисторов *V13, V14*.

Затем производят налаживание блока сенсорного управления. Для этого пальцами прикасаются одновременно к двум любым сенсорным площадкам переключателя входов. Увеличивая сопротивление резистора *R2* (см. рис. 2), добиваются выключения одного из включившихся входов при отпускании пальцев с сенсорных площадок.

Для установки порогов включения шумоподавителей на один из входов УКУ подают сигнал с частотой 1000 Гц и уровнем минус 40 дБ от номинального. Резистор *R14* (см. рис. 5) устанавливают в такое положение, при котором входной сигнал с уровнем минус 40 дБ на выходе устройства не воспроизводится, но, однако, при увеличении уровня входного сигнала на 3 дБ воспроизведение его уже осуществляется.

Настройка цепи токовой ПОС широко описана в литературе и особенностей не имеет.

Потенциометры регуляторов тембра для равномерности регулирования должны иметь так называемую S-образную характеристику. Такую характеристику можно получить доработкой движковых потенциометров типа СПЗ-23б с номинальным сопротивлением 10 кОм и функциональной зависимостью типа «А»: углеродный слой частично снимают с дорожки потенциометра при помощи очень мелкой шлифовальной наждачной бумаги, причем более всего толщину углеродного слоя уменьшают в середине дорожки. Затем проводящий слой выскабливают поперек дорожки в центре потенциометра так, чтобы получились 2 отдельные дорожки. В результате доработки сопротивление каждой дорожки должно составлять 25 кОм.

Выскабливание поперек дорожки осуществляют во всех потенциометрах регуляторов тембра, кроме одного, любого, у которого средний отвод заземляют. Это необходимо для осуществления гальванической утечки с входов микросхемы на корпус. При выскабливании необходимо следить, чтобы поверхность дорожки оставалась ровной, без царапин, которые могут затруднить перемещение движка и повредить контактные щетки потенциометра.

Высокочастотный дроссель усилителя мощности намотан проводом ПЭВ-2 0,25 внавал на текстолитовом каркасе диаметром 20 мм. Число витков — 20.

Данные других моточных изделий сведены в таблицу:

Обмотка	Число витков	Марка провода	Тип сердечника	Индуктивность
Т1 I *II* *III*	455 603 93+93	ПЭВ-2 0,58 ПЭВ-2 0,58 ПЭВ-2 1,5 мм	Тороидальный Э350 100×64×40	—
L1	820	ПЭВ-2 0,1	3000 НМ кольцо 28×16×9	2 Гн
L2	375	То же	То же	0,4 Гн
L3	300	»	2000 НМ кольцо 10×6×3	50 мГ
L4	214	»	То же	25 мГ
L5	150	»	»	12,5 мГ

Темброобразующие устройства для электрогитары, использующие нелинейные искажения

А. ШУБ

Как известно, звучание электрогитары имеет ряд недостатков: оно малонасыщено и слишком «прозрачно», теряется в звучании других инструментов и недостаточно выразительно при исполнении сольных партий. Причина указанных явлений в относительной бедности спектра выходного сигнала электрогитары. Действительно, колебания с выхода звукоснимателя электрогитары являются квазипериодическими с формой, близкой к синусоидальной.

В то же время, потребность исполнителей в обогащении тембральных возможностей электрогитары является мощным стимулом к разработке различного рода электронных устройств, исключающих указанные недостатки. Эти устройства позволяют целенаправленно и эффективно изменять и формировать спектр выходного сигнала электрогитары с целью достижения новых оригинальных звучаний, характеризующихся весьма широкими экспрессивными возможностями.

Наиболее широко и успешно используются в настоящее время устройства, принцип действия которых основан на нелинейных искажениях входного сигнала.

В отличие от устройств, использующих частотно зависимый коэффициент передачи сигнала, нелинейные устройства обладают частотнонезависимым действием, то есть одинаково преобразуют звук, взятый в любой октаве. Еще одним достоинством использования нелинейных искажений является то, что достаточно простыми средствами удается существенно обогатить спектр сигнала. Следует иметь в виду, что при нелинейных преобразованиях не выполняется принцип суперпозиции, поэтому при подаче на вход нелинейного устройства даже двух колебаний с разными частотами спектр выходного сигнала настолько «засоряется» комбинационными частотами, что полученное звучание следует скорее отнести к хаотическому шуму, чем к музыкальному звуку. Это обстоятельство практически исключает возможность игры аккордами при использовании устройств с нелинейными искажениями.

В данной статье описывается несколько простых в повторении нелинейных устройств, позволяющих получить новые эффекты звучания электрогитары: «Fuss»-эффект, «органный эффект», компрессию. Первыми приводятся схемы «Fuss»-устройств, появление которых в начале 60-х годов сыграло заметную роль в росте популярности рок-музыки.

«Fuss»-устройство позволяет:

расширить спектр гитарного сигнала;

сузить динамический диапазон гитарного звука;

осуществить амплитудно-зависимое формирование спектра, то есть получить выходной сигнал, спектр которого зависит от амплитуды входных колебаний.

Многообразие схем и звучаний «Fuss»-устройств обусловлено возможностью выделения того или иного из перечисленных свойств. Вместе с тем привлекательность использования этих устройств объясняется, главным образом, не их свойством обогащать спектр выходного сигнала, а способностью сужать динамический диапазон звука электрогитары (хотя эти свойства и взаимосвязаны). Именно этим обусловлены «выпуклость», «тягучесть» полученного звучания, характерные для систем с использованием компрессии, а также лучшее выделение гитарного звука с «Fuss»-эффектом в звучании других инструментов. Наиболее известны в качестве

«Fuss»-устройств усилители — ограничители. Принципиальная схема одного из них приведена на рис. 1. Здесь на транзисторах *V1* и *V2* собран предварительный неискажающий малошумящий усилитель, причем для уменьшения шумов предусилителя транзистор *V1* работает в режиме микротоков. Транзистор *V3* осуществляет дополнительное усиление, а ограничение сигнала по

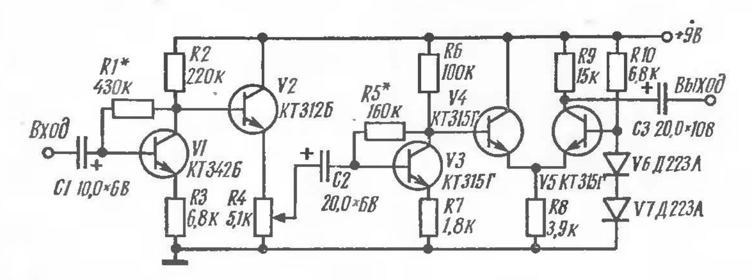


Рис. 1. "Fuss"-устройство на усилителе — ограничнтеле

амплитуде осуществляется в дифференциальном каскаде, построенном на транзисторах *V4* и *V5*, за счет перехода этих транзисторов в насыщение. Симметрию ограничения устанавливают подбором резистора *R5*, а чувствительность — регулировкой *R4*. Сила тока, потребляемого усилителем, не превышает 2 мА, что обеспечивает возможность длительной работы устройства с гальваническими элементами, например, типа «Крона».

Эпюры входного и выходного сигналов устройства, приведенного на рис. 1, приведены на рис. 2, *а*. Как видно, ограничение по амплитуде осуществляется достаточно резко, и форма выходного сигнала имеет резкие изломы. Такой характер ограничения является причиной неприятного «зудения» электрогитары, появление и пропадание которого носят к тому же скачкообразный характер. Кроме того, сужение динамического диапазона звука в этой схеме оказывается настолько сильным, что ограничивает возможность исполнителя управлять громкостью звучания путем изменения амплитуды колебаний струны. С другой стороны, как видно из рис. 2, *а*, с увеличением амплитуды входного сигнала увеличивается степень ограничения, что, в свою очередь, приводит к увеличению числа амплитуд высших гармоник в спектре

выходного сигнала. Следовательно, увеличение амплитуды колебаний струны изменяет тембр выходного звука. Такой характер зависимости тембра звука от силы звукоизвлечения характерен для звучания большинства неэлектронных музыкальных инструментов, например, медных духовых (труба, саксофон).

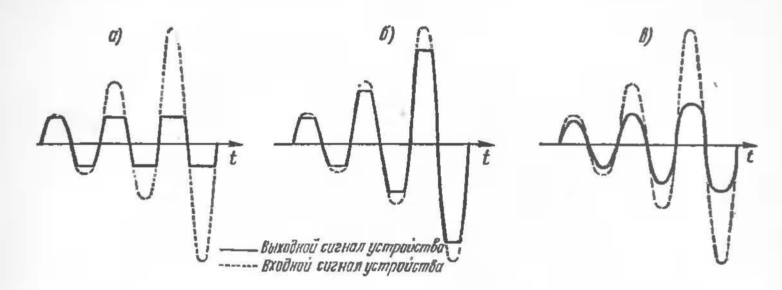


Рис. 2. Эпюры напряжений на входах и выходах "Fuss"-устройств:
а — на усилителе-ограничителе; *б* — "Fuss"-эффект на ограничительных диодах; *в* — "Fuss"-эффект на логарифмическом усилителе

Следует отметить, что присущая данному устройству способность эффективно обогащать спектр входного сигнала высшими гармониками, обусловила широкое использование таких усилителей — ограничителей в сочетании с формантными темброобразующими устройствами.

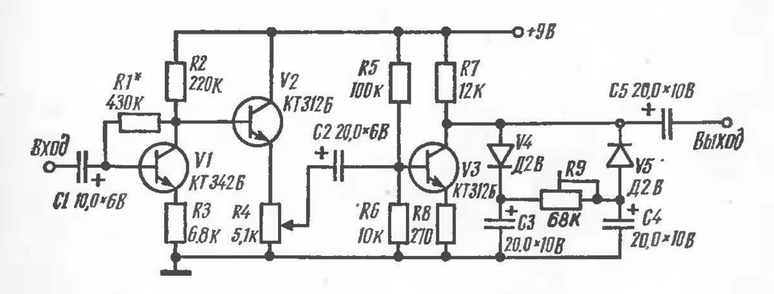


Рис. 3. "Fuss"-устройство на ограничительных диодах

В схеме на рис. 3 для ограничения сигналов по амплитуде использованы ключи на полупроводниковых диодах. Сигнал с предусилителя, собранного на транзисторах *V1* и *V2*, поступает в каскад дополнительного

усиления на транзисторе *V3*, включенный по схеме с общим эмиттером. Параллельно коллекторной нагрузке транзистора *V3* — резистору *R7* — включены цепочки *V4C3* и *V5C4*. Когда выходной сигнал превышает уровень отпирания диодов *V4, V5*, они отпираются (*V4* при положительной полуволне сигнала, а *V5* — при отрицательной) и шунтируют нагрузку каскада — резистор *R7*.

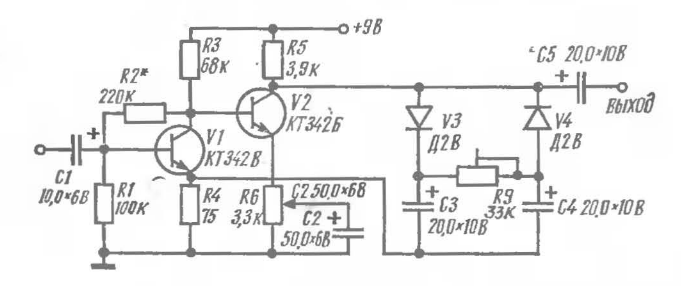


Рис. 4. "Fuss"-устройство с ограничительными диодами в цепи ОС

Таким образом для выходных напряжений, превышающих уровни отпирания диодов *V4* и *V5*, усиление каскада на транзисторе *V3* резко уменьшается. После отпирания диодов через них протекает ток, заряжающий конденсаторы *C3, C4*. Наличие в цепях диодов заряженных конденсаторов равносильно включению источников напряжения, увеличивающих уровень ограничения, поэтому угол отсечки выходного синусоидального напряжения при изменениях амплитуды сигнала на входе устройства поддерживается примерно постоянным, а динамический диапазон выходного сигнала равен динамическому диапазону входного. Сказанное справедливо, однако, только в том случае, когда между диодами не включен резистор *R9*. В схеме же на рис. 3 через резистор *R9* протекает ток, разряжающий конденсаторы *C3* и *C4*, вследствие чего угол отсечки выходного сигнала меняется при изменении амплитуды входного и, следовательно, динамический диапазон выходного сигнала оказывается меньше динамического диапазона входного. Таким образом, в устройстве на рис. 3 резистором *R9* можно регулировать динамический диапазон выходного сигнала. Вид выходного сигнала этого устройства при изменениях

амплитуды входного показан на рис. 2, *б*. Как видно, при увеличении амплитуды сигнала на входе в схеме осуществляется достаточно плавный переход от неограниченного сигнала к ограниченному. Главное же достоинство устройства по схеме рис. 3 — возможность оперативного регулирования исполнителем длительности и динамического диапазона звучания электрогитары. Чувствитель-

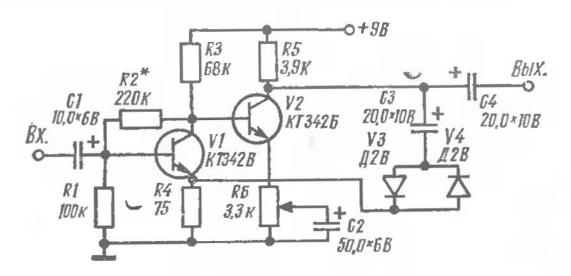


Рис. 5. "Fuss"-устройство на базе логарифмического усилителя

ность схемы регулируют резистором *R4*. Входное сопротивление устройства — 25 кОм, потребляемый ток 1 мА.

В устройстве на рис. 4 использован тот же принцип ограничения, что и в схеме рис. 3, однако диодные цепочки *V3C3* и *V4C4* включены здесь в цепь отрицательной обратной связи усилителя. Такое включение позволило заметно повысить экономичность устройства: сила тока потребления составляет 0,3 мА, входное сопротивление 10 кОм.

На рис. 5 приведена схема «Fuss»-устройства на базе логарифмического усилителя. Снижение усиления при увеличении амплитуды входного сигнала достигается в этой схеме за счет изменения глубины обратной связи из-за нелинейной (экспоненциальной) зависимости сопротивления диодов *V3, V4*, включенных в цепь отрицательной обратной связи, от приложенного напряжения. Чувствительность устройства регулируют изменением глубины обратной связи с помощью резистора *R6*.

Вид выходного напряжения устройства (см. рис. 5) при разных уровнях сигнала на входе показан на рис. 2, *в*. Заметим, что в схеме осуществляется плавный переход от неискаженного выходного сигнала при малых входных амплитудах к искаженному при больших и ам-

плитудно-зависимое обогащение спектра, так что при наибольших громкостях звучания спектр выходного сигнала содержит наибольшее число и амплитуду гармоник. Более того, форма выходного напряжения не имеет изломов, а динамический диапазон звука сжимается здесь экспоненциально. Указанные достоинства приближают звучание электрогитары к естественному. В опи-

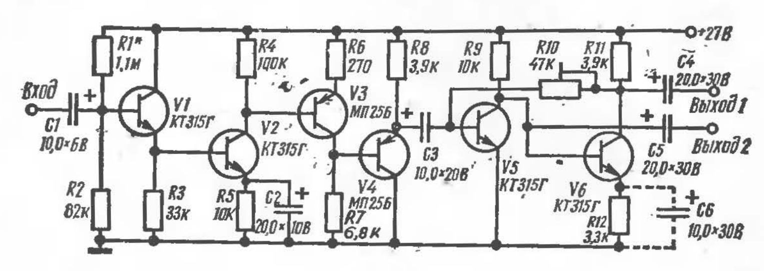


Рис. 6. "Fuss"-устройство, преобразующее sin напряжение в прямоугольное

санных выше «Fuss»-устройствах транзисторы работают в активном режиме и, поскольку эти устройства сжимают динамический диапазон входного сигнала, они отличаются низким отношением сигнал/шум. От этого недостатка свободны устройства, использующие преобразователи синусоидального напряжения в прямоугольное. Действительно, в таких преобразователях транзисторы работают в ключевом режиме, характеризующемся малым уровнем шумов. При воздействии на вход такого устройства синусоидального сигнала на выходе формируется прямоугольное напряжение с неизменной амплитудой, независимой от амплитуды сигнала на входе. Звучание подобных устройств отличает так называемый «органный эффект», ибо аналогичный характер имеет и огибающая звуковых колебаний электрооргана. Один из вариантов «Fuss»-устройства, использующего преобразователь синусоидального напряжения в прямоугольное, приведен на рис. 6. Устройство содержит линейный предусилитель (транзисторы *V1—V4*), с выхода которого усиленный сигнал подан на формирователь (транзисторы *V5, V6*) — двухкаскадный усилитель, охваченный глубокой положительной обратной связью через резистор *R10*. Состояние формирователя определяется

уровнем входного напряжения. В отсутствии сигнала на входе транзистор *V5* открыт током через резисторы *R10, R11*, а транзистор *V6* заперт. При превышении входным сигналом некоторого уровня транзистор *V5* запирается, а *V6* открывается.

Данный преобразователь позволяет исключить треск, возникающий по окончании звучания струны из-за модуляции сигнала звукоснимателя электрогитары сетевыми наводками.

В отсутствии сигнала на входе устройства малое входное сопротивление открытого транзистора *V5* шунтирует выход предусилителя, снижая его усиление. Когда же транзистор *V5* закрывается, его входное сопротивление резко увеличивается и усиление предусилителя соответственно возрастает. В момент извлечения звука амплитуда входного сигнала быстро достигает своего максимального значения и эффект от такого изменения усиления предусилителя слушателями не ощущается. При уменьшении же амплитуды колебаний в фазе затухания, в какой-то момент после очередного открывания транзистора *V5*, входной сигнал, даже с той же амплитудой, что и до открывания, уже не может изменить состояния формирователя из-за малого коэффициента усиления предусилителя. Поэтому процесс окончания выходного звука в этом «Fuss»-устройстве носит скачкообразный характер, причем модуляция входного сигнала сетевыми наводками не может на него повлиять. Чувствительность схемы регулируется резистором *R10*. При шунтировании резистора *R12* конденсатором *C6* достигается интересный эффект плавного нарастания амплитуды сигнала на выходе *2* в фазе атаки.

По мере заряда конденсатора *C6* на выходе *2* формируется прямоугольное напряжение с экспоненциально нарастающей во времени амплитудой. Длительность сформированной фазы атаки можно регулировать изменением емкости конденсатора *C6*. Чтобы сделать звучание электрогитары более «тягучим», выявляющим все тонкости звукоизвлечения, необходимо осуществлять сжатие динамического диапазона звука без заметного внесения нелинейных искажений. Этот эффект можно реализовать компрессором, схема которого приведена на рис. 7. Устройство содержит усилитель с управляемым

коэффициентом усиления, построенный на транзисторах *V1—V4*. Собственно усиление осуществляется в каскаде на транзисторе *V1*, работающем в режиме микротоков. Параллельно эмиттерному сопротивлению транзистора *V1* включен канал полевого транзистора *V2*. При изменении напряжения затвор-исток транзистора *V2* сопротивление его канала меняется от сотен ом до единиц

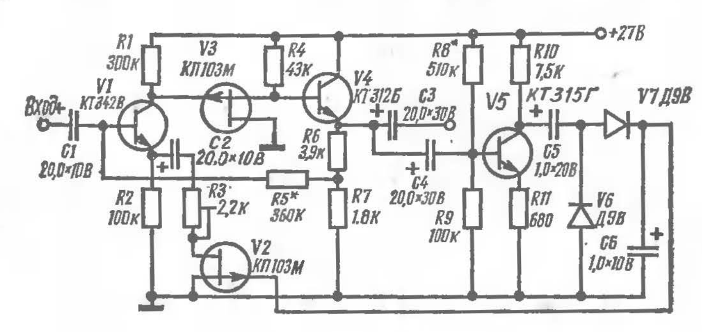


Рис. 7. Компрессор для электрогитары

мегом и соответственно изменяются глубина отрицательной обратной связи каскада и его коэффициент усиления. Транзисторы *V3* и *V4* предназначены для согласования первого каскада с нагрузкой и обеспечения режима транзистора *V1* по постоянному току. С эмиттера транзистора *V4* сигнал через вспомогательный усилительный каскад на транзисторе *V5* поступает на выпрямитель, собранный по схеме удвоения напряжения. Напряжение с выхода выпрямителя использовано для управления сопротивлением канала транзистора *V2*. Таким образом устройство (см. рис. 7) охвачено отрицательной обратной связью, стабилизирующей амплитуду выходного напряжения.

Описанные схемы «Fuss»-устройств целесообразно использовать также и в качестве модулей гитарного синтезатора. Соединяя эти устройства в различных комбинациях, правильно согласовывая при этом их входные и выходные уровни, можно получить звучания электрогитары, самые разнообразные по окраске и выразительности.

Генератор испытательных сигналов для регулировки цветных телевизоров

И. ПЕРЕТЯГИН, Б. ПОРОНИК

Широкое внедрение цветного телевидения требует создания специальной контрольно-измерительной аппаратуры.

Известно, что в силу специфики устройства и действия трехлучевого цветного кинескопа такие параметры, например, как чистота цвета свечения экрана, статический и динамический баланс белого, точность совмещения растров, требуется проверять и регулировать именно в условиях эксплуатации. Поэтому особый интерес представляют малогабаритные переносные генераторы испытательных сигналов, позволяющие осуществить визуальный контроль и настройку цветных телевизоров на месте их установки.

Ниже описан генератор испытательных сигналов, позволяющий по контрольным изображениям на экране кинескопа оценивать основные параметры цветного телевизионного приемника и осуществлять его настройку.

Этот генератор вырабатывает сигналы сетчатого, точечного и шахматного полей, сигналы градаций уровня яркости, а также сигналы контроля четкости разрешающей способности по вертикали: такой набор испытательных сигналов позволяет осуществлять статическое и динамическое сведение лучей, регулировку чистоты цвета и баланса белого в цветных телевизорах, а также проверять качество работы и проводить другие основные регулировки цветных и черно-белых телевизоров и бытовых видеомагнитофонов.

Генератор выполнен по упрощенной схеме на интегральных логических элементах и транзисторах. Сборка и настройка его вполне доступны радиолюбителю средней квалификации. Малые габариты и масса генератора позволяют рекомендовать его для использования

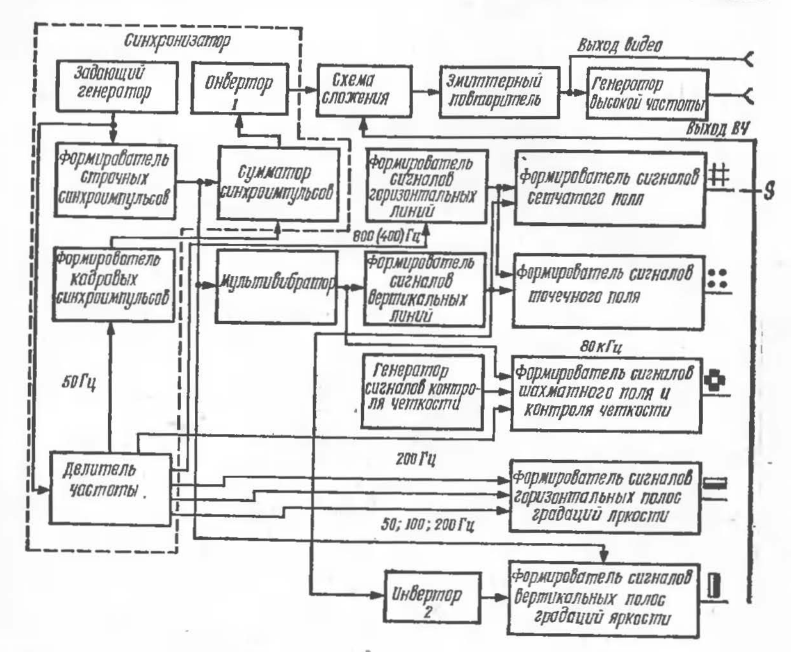


Рис. 1. Структурная схема генератора

мастерами телеателье при настройке цветных телевизоров на дому.

Генератор имеет два выходных высокочастотных разъема для подключения коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Один из разъемов предназначен для съема испытательных видеосигналов, другой — радиосигналов.

Уровень выходного видеосигнала регулируется от 0 до 1,5 В. Полярность сигнала соответствует принятой для унифицированных цветных и черно-белых телевизоров отечественного производства.

Уровень выходного радиосигнала устанавливается при наладке генератора (300—500 мкВ). Глубина амп-

литудной модуляции радиосигнала изменяется той же регулировкой, что и уровень видеосигнала.

Структурная схема генератора испытательных сигналов приведена на рис. 1. Он состоит из синхронизатора, элементов формирования испытательных видеосигналов, генератора высокой частоты и переключателя режимов работы.

Синхронизатор предназначен для генерирования строчных и кадровых синхронизирующих импульсов, а также импульсов, необходимых для формирования различных испытательных сигналов. С этой целью синхронизатор содержит задающий генератор, делитель частоты, формирователь строчных синхроимпульсов, формирователь кадровых синхроимпульсов, сумматор синхроимпульсов и инвертор — эти элементы обведены на рис. 1 пунктирной линией. Задающий генератор работает на частоте 16 кГц. Делением частоты его выходного сигнала на 320 обеспечивается развертка кадров с частотой 50 Гц. Такое соотношение частот выбрано с целью упрощения схемы устройства и сокращения числа ее элементов. Настройка прибора осуществляется одной ручкой — изменением частоты задающего генератора. Максимально возможное отклонение одной из частот от стандартного значения (при номинальном значении другой частоты) не превышает 2,4% и практически не сказывается на качестве испытательного сигнала.

Задающий генератор вырабатывает напряжение прямоугольной формы (меандр) с частотой примерно 16 кГц. Этим напряжением запускается формирователь строчных синхроимпульсов, вырабатывающий импульсы отрицательной полярности длительностью $\tau_с = 10$—12 мкс. Кроме того, напряжение с выхода задающего генератора поступает на делитель частоты, на выходе которого формируются сигналы прямоугольной формы с частотами 800, 400, 200, 100 и 50 Гц.

Напряжение частоты 50 Гц поступает на формирователь кадровых синхроимпульсов — ждущий мультивибратор, генерирующий импульсы длительностью $\tau_к = 240$ мкс.

Сформированные таким образом кадровые и строчные синхроимпульсы суммируются (операция «ИЛИ») и через инвертор поступают на один из входов схемы

сложения, где смешиваются с испытательными сигналами.

Для формирования испытательных сигналов используются строчные синхроимпульсы и напряжения кратных частот, снимаемые с делителя частоты.

Формирователь вертикальных линий управляется выходными сигналами мультивибратора, синхронизация которого осуществляется строчными синхроимпульсами. На выходе формирователя вертикальных линий вырабатываются импульсы длительностью $\tau_в = 0{,}3$ мкс, частота следования которых 320 (160) кГц обеспечивает воспроизведение на экране телевизора 20 (10) вертикальных линий.

Формирователь горизонтальных линий запускается напряжением частоты 800 (400) Гц, поступающим с одного из выходов делителя частоты. Длительность импульсов горизонтальных линий равна $\tau_г = 52$-60 мкс, а частота их следования соответствует 16 (8) горизонтальным линиям за время кадра. Испытательный сигнал «сетчатое поле» формируется суммированием импульсов вертикальных и горизонтальных линий в схеме суммирования, выполняющей операцию «ИЛИ», а для получения сигнала «точечное поле» импульсы вертикальных и горизонтальных линий поданы на схему совпадения (операция «И»).

Испытательный сигнал «Вертикальные полосы градаций яркости» формируется суммированием импульсов строчной синхронизации и импульсов вертикальных линий: таким образом вырабатывается ступенчатое напряжение, модулирующее кинескоп телевизора по яркости от уровня белого до уровня черного в пределах рабочего хода каждой строки. Число полос на экране равно 10 (20).

Испытательный сигнал («Горизонтальные полосы градаций яркости») вырабатывается формирователем, на вход которого поступают напряжения с делителя частоты (50, 100 и 200 Гц). Выходной сигнал этого формирователя — ступенчатое напряжение — модулирует кинескоп телевизора по яркости от уровня белого до уровня черного в пределах кадра. Число полос на экране телевизора равно 8.

Испытательный сигнал («Шахматное поле») формируется суммированием напряжений прямоугольной фор-

мы: с частотой 80 кГц — от мультивибратора и с частотой 200 Гц — с соответствующего выхода делителя частоты. При этом на экране телевизора обеспечивается воспроизведение шахматного поля с числом квадратов 10×8. Кроме того, на вход этой схемы суммирования подано напряжение с частотой 4,0 или 2,5 МГц от генератора сигналов контроля четкости. Это позволяет в каждой белой клетке нечетных полос шахматного поля воспроизвести на экране телевизора вертикальные линии контроля четкости, соответствующие разрешающей способности примерно 450 и 250 строк соответственно.

Испытательные сигналы положительной полярности с помощью переключателя *S* подаются на схему сложения, где они смешиваются с кадровыми и строчными синхроимпульсами. Полный видеосигнал через эмиттерный повторитель поступает на выходной разъем *«Выход видео»* и на генератор высокой частоты для амплитудной модуляции. Этот генератор работает на частоте одного из телевизионных каналов. Испытательные радиосигналы снимаются с выходного разъема *«Выход ВЧ»*.

Принципиальная схема генератора испытательных сигналов представлена на рис. 2.

Задающий генератор и мультивибратор собраны каждый на трех логических элементах «ИЛИ» — «НЕ» микросхемы *D1* и *D2* соответственно. Их времязадающие цепи (*C1, C1′, R2, R3* и *C3—C6, R5, R6* соответственно) содержат плавные регулировки: *R3 «Частота строк»*, выведенную на переднюю панель, и *R6 «Число вертикальных линий»* — под шлиц. Частота колебаний мультивибратора (320, 160 или 80 кГц) определяется положением переключателя *S9 «Редко — Густо»* и кнопки *S2 «Шахматное поле»*. Задающий генератор и мультивибратор работают в автоколебательном режиме, причем мультивибратор синхронизируется строчными синхроимпульсами отрицательной полярности.

Формирователи строчных синхроимпульсов и сигналов вертикальных линий выполнены на элементах «ИЛИ» — «НЕ» *D1.4, D2.1, D2.2* и *D5.4, D6.1, D6.2* соответственно. Длительности выходных импульсов $\tau_с = 10$—12 мкс и $\tau_в = 0{,}3$ мкс задаются подбором емкостей конденсаторов *C2* и *C7*.

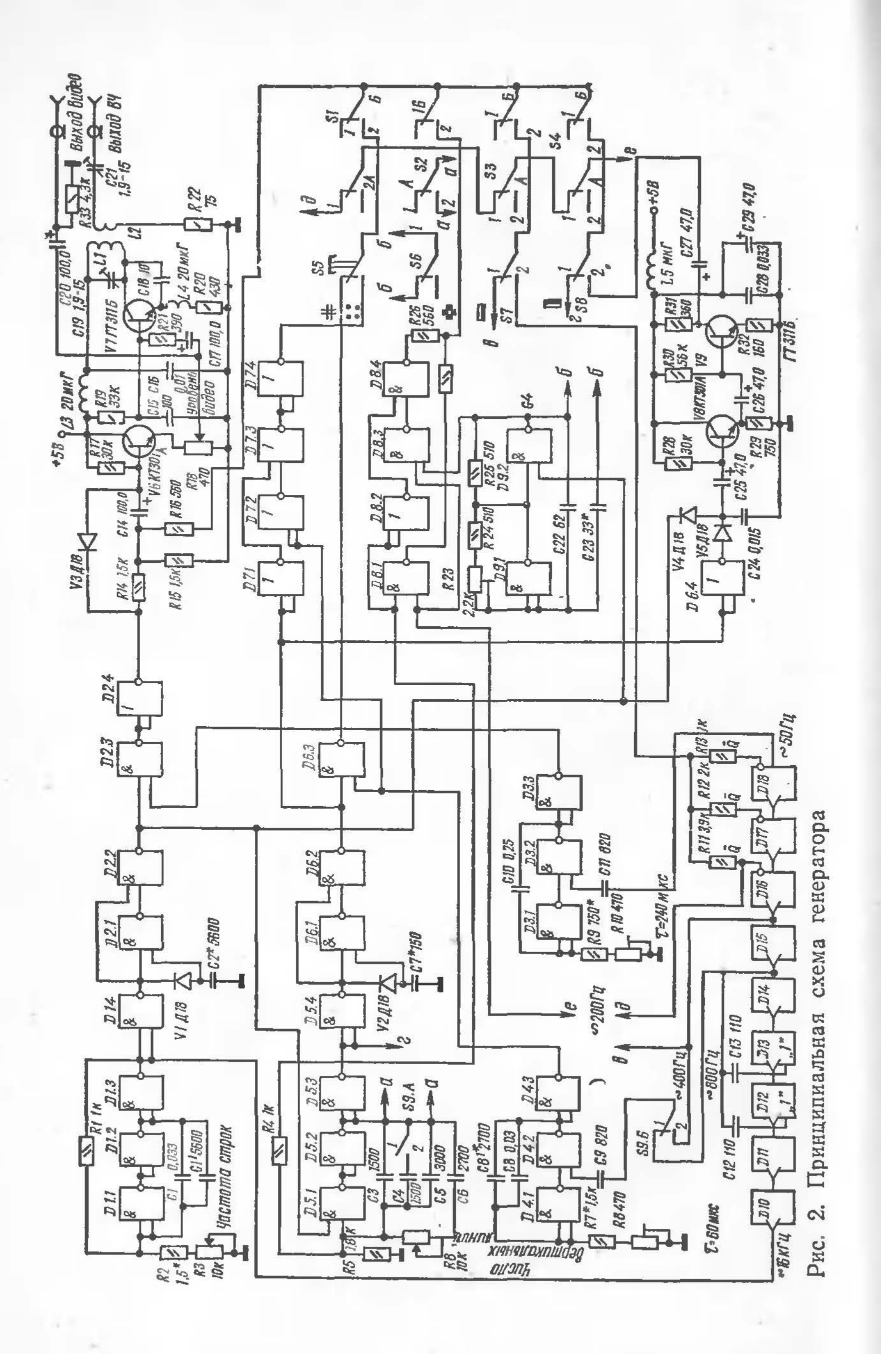


Рис. 2. Принципиальная схема генератора

Формирователи кадровых синхроимпульсов и импульсов горизонтальных линий — ждущие мультивибраторы, каждый из которых собран на трех элементах «ИЛИ» — «НЕ» микросхем *D3* и *D4* соответственно. Длительности импульсов определяются параметрами цепей *C10, R9, R10* и *C8, C8', R7, R8* и равны соответственно $\tau_к = 240$ мкс и $\tau_г = 52—60$ мкс. В цепях пуска этих формирователей установлены дифференцирующие конденсаторы *C11* и *C9*.

Сумматор синхроимпульсов и формирователь сигналов сетчатого поля выполнены каждый на одном логическом элементе «ИЛИ» — «НЕ» (*D2.3* и *D6.3*). В сумматоре синхроимпульсов осуществляется инвертирование выходных импульсов с помощью логического элемента *D2.4*, выполняющего операцию «НЕ». Аналогично инвертируются импульсы и в других цепях формирователя сигналов, например на входе формирователя сигналов вертикальных полос градаций яркости (*D6.4*).

Делитель частоты построен на триггерах *D10—D18*. Триггеры *D12—D14* обеспечивают деление частоты на 5, а каждый из остальных — на 2.

Формирователь сигналов точечного поля собран на элементах микросхемы *D7*, из которых *D7.1, D7.2* и *D7.4* выполняют операцию «НЕ», а *D7.3* — операцию совпадения «И» — «НЕ».

Формирователь сигналов шахматного поля выполнен на микросхеме *D8*, элементы *D8.1, D8.3* и *D8.4* которой выполняют операцию «ИЛИ» — «НЕ», а *D8.2* — операцию «НЕ». Суммирование сдвинутых полос шахматного поля происходит на нагрузке сумматора *R16, R15*.

Генератор сигналов контроля четкости собран по схеме ждущего мультивибратора на элементах *D9.1* и *D9.2* микросхемы *D9*. Для запуска этого мультивибратора на один из входов элемента *D9.2* поданы строчные синхроимпульсы. Частота его выходного сигнала, определяемая положением кнопки *S6*, равна 4,0 МГц (цепь *R23, C22*) или 2,5 МГц при включении конденсатора *C23* параллельно конденсатору *C22*.

Выход генератора сигналов контроля четкости подключен к одному из входов элемента *D8.3*, так что вертикальные линии контроля четкости воспроизводятся в белых квадратах четных полос шахматного поля.

Формирователь сигналов горизонтальных полос градаций яркости — сумматор на резисторах *R11—R13*, подключенных к инверсным выходам ($\bar{Q}$) триггеров *D16—D18*.

Формирователь сигналов вертикальных полос градаций яркости собран на диодах *V4, V5* и транзисторах *V8* и *V9*. Выходной ступенчатый сигнал формируется следующим образом. Положительные импульсы вертикальных линий, снимаемые с инвертора *D6.4* через диод *V5*, заряжают конденсатор *C24* во время рабочего хода каждой строки. Каждый очередной импульс подзаряжает конденсатор на одну и ту же величину напряжения. Постоянная времени разряда этого конденсатора достаточно велика, поэтому в паузах между импульсами напряжение на конденсаторе остается практически неизменным. Число градаций равно количеству импульсов вертикальных линий, поступающих за время рабочего хода строки. В конце каждой строки отрицательный импульс строчной синхронизации, поступающий в схему через диод *V4*, разряжает конденсатор *C24* и цикл начинается снова. Сформированный таким образом ступенчатый сигнал через эмиттерный повторитель на транзисторе *V8* подается на базу транзистора *V9* усилительного каскада. Далее этот сигнал через конденсатор *C27* поступает на переключатель *S8*.

Схема сложения выполнена на резисторах *R14, R15* и *R16*. Синхроимпульсы с выхода инвертора *D2.4* подаются на делитель, образованный резисторами *R14* и *R15*, а испытательный сигнал — на делитель *R16, R15*. Диод *V3* обеспечивает требуемое амплитудное соотношение между отрицательными синхроимпульсами и положительными испытательными сигналами различных видов. Суммарный видеосигнал с резистора *R15* через конденсатор *C14* подан на базу транзистора *V6*, работающего в режиме с общим коллектором. В эмиттерной цепи транзистора *V6* включен переменный резистор *R18* *«Уровень видео»*, предназначенный для регулирования амплитуды видеосигнала на выходном разъеме *«Выход видео»* и одновременно глубины модуляции радиосигнала.

Генератор высокой частоты выполнен на транзисторе *V7* с колебательным контуром, образованным катушкой индуктивности *L1* и конденсатором *C19* в цепи коллектора. Режим генерации обеспечен здесь с помощью конденсатора обратной связи *C18*. Питание базовой цепи транзистора *V7* осуществляется через резистор *R19*; в коллекторной цепи установлен развязывающий фильтр *L3, C16*. Модулирующий видеосигнал подан на базу транзистора *V7* через цепочку, состоящую из конденсатора *C17* и резистора *R21*.

Полный телевизионный радиосигнал снимается с катушки связи *L2* и через емкостный аттенюатор *C21* действует на выходном разъеме *«Выход ВЧ»*. Для согласования генератора с волновым сопротивлением кабеля катушка связи *L2* соединена с корпусом через резистор *R22*.

Коммутирующее устройство состоит из пятикнопочного переключателя *S1—S4* типа П2К с взаимной фиксацией и *S9* — П2К с невзаимной фиксацией, а также тумблеров *S5—S8* и выключателя сети типа ТВ2-1.

В исходном состоянии, когда ни одна из кнопок *S1—S4* не нажата, испытательный сигнал содержит только синхроимпульсы: на экране телевизора при этом воспроизводится белое поле.

Кнопкой *S1* включают сетчатое или точечное поле — в зависимости от положения тумблера *S5*.

При нажатии кнопки *S2* включается *«Шахматное поле»*. При этом положение тумблера *S6* задает частоту сигнала контроля четкости 2,5 или 4 МГц.

Горизонтальные полосы градаций яркости включают кнопкой *S3*. Вид полос — черно-белые или полосы градаций яркости — задают с помощью тумблера *S7*.

Кнопкой *S4* включают вертикальные полосы градаций яркости. Тумблером *S8* задают при этом черно-белые полосы, либо полосы градаций яркости. В то же время положение кнопки *S9* определяет густоту вертикальных и горизонтальных линий поля.

Питание устройства осуществляется напряжением +5 В от встроенного стабилизированного выпрямителя, принципиальная схема которого приведена на рис. 3.

В генераторе испытательных сигналов могут быть применены микросхемы серии К134 (К134ЛБ1 и К134ТВ1), или К136 — К136ЛА3 и К136ТВ1. Возможно применение микросхем и других серий, например, К130, К131, К133, К155, последние, однако, потребляют значительно бо́льшую энергию от источников питания. С целью

уменьшения количества микросхем возможно применение триггеров К134ТВ14, содержащих два *J-K* триггера в одном корпусе.

Катушка контура *L1* содержит 16 витков провода ПЭЛШО 0,33 на каркасе диаметром 5 и высотой 12 мм

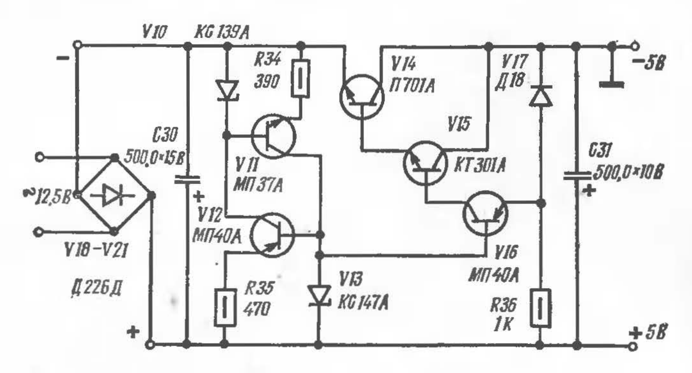


Рис. 3. Принципиальная схема блока питания

с латунным подстрочным сердечником. Катушка связи *L2* выполняется тремя витками того же провода поверх обмотки катушки *L1*.

В качестве силового трансформатора использован выходной трансформатор радиолы «Рекорд 353», у которого зазор устранен переборкой сердечника. Можно применить также трансформатор ТВК-110 ЛМ.

Транзистор *V14* установлен на теплоотводящем радиаторе. Остальные детали устройства — типовые малогабаритные.

Шасси генератора представляет собой каркас из дюралюминиевых уголков. Монтаж выполнен на трех печатных платах. На одной плате размещены все логические элементы *(D1—D9* и *D10—D18)* и навесные детали. Для ослабления паразитных связей через общий источник питания каждая микросхема по питанию зашунтирована конденсатором емкостью 0,068 мкФ, установленным непосредственно у самой микросхемы.

На второй плате смонтированы эмиттерный повторитель на транзисторе *V6*, генератор высокой частоты и формирователь вертикальных полос градаций яркости, на третьей — выпрямитель питания со стабилизатором

напряжения. Силовой трансформатор крепится непосредственно к шасси.

Плата с логическими элементами крепится сверху, а остальные платы — снизу шасси.

Выходные высокочастотные разъемы и предохранитель установлены на задней стенке прибора. Регулировки *R3, R18* и *R6* выведены на переднюю панель. Первые две имеют ручки, а последняя — под шлиц. Резисторы *R8, R10* и *R23* после налаживания заменяются постоянными и потому монтируются на плате.

Все переключатели и тумблер включения сети размещены на верхней площадке шасси. Конструктивно генератор испытательных сигналов оформлен в корпусе из листового алюминия. Дно корпуса имеет отверстия, обеспечивающие доступ отверткой к подстрочным конденсаторам *C19, C21* и к сердечнику катушки *L1*.

Налаживание генератора следует начинать с проверки блока питания. Для этого надо подключить к выпрямителю эквивалент нагрузки (резистор сопротивлением примерно 20 Ом) и измерить на нем напряжение. Если напряжение питания отличается от номинального (+5 В) незначительно, то подгонку его следует выполнить подбором величины сопротивления резистора *R36*. Значительное отклонение напряжения от номинала (на 0,3—0,5 В) устраняют подбором стабилитрона *V13*, или же подключением последовательно (параллельно) диоду *V17* еще одного диода того же типа. Ориентировочные режимы транзисторов *V11, V12, V14—V16* приведены в таблице.

После налаживания блока питания можно подключить к нему вместо эквивалента нагрузки генератор и приступить к налаживанию устройства в целом.

Частота выходного сигнала задающего генератора должна быть равной 16 кГц при установке регулировки *R3* в среднее положение. Подгонка частоты этого сигнала осуществляется подбором элементов *R2* и *C1'*. Контроль частоты осуществляется по электронному частотомеру или по осциллографу. Аналогично настраивается и мультивибратор.

При установке регулировки *R6* в среднее положение частота выходного сигнала должна быть равной:

320 кГц, когда переключатель *S9* установлен в положение *1*;

160 кГц, когда переключатель *S9* находится в положении *2*;

80 кГц при установке переключателя *S9* в положение *2* при нажатой кнопке *S2*.

Режимы транзисторов по постоянному току

Транзистор	Напряжения на электродах, В		
	К	Б	Э
V6	+5,03	+1,59	+1,00
V7	+5,02	+0,96	+2,14
V8	+5,02	+3,32	+2,66
V9	+3,41	+0,91	+0,65
V11	+0,42	—4,21	—4,44
V12	—4,21	+0,42	+0,63
V14	0	—7,40	—8,12
V15	0	—6,68	—7,40
V16	—6,68	+0,42	+0,54

Затем по изображению на экране осциллографа следует убедиться, что полупериоды выходного сигнала мультивибратора на частоте 80 кГц одинаковы по длительности: такая форма сигнала (колебания типа «меандр») необходима для воспроизведения на экране телевизора шахматного поля, состоящего из квадратов.

Равенства длительностей полупериодов можно добиться изменением номиналов элементов *R5, C4, C5*. Налаживание формирователей синхроимпульсов, а также сигналов вертикальных и горизонтальных линий сводится к подбору времязадающих элементов *C2, C7, R9, R7, C8'*, с целью обеспечения требуемых длительностей вырабатываемых импульсов.

Делитель частоты и формирователи сигналов точечного поля, шахматного поля и контроля четкости, а также формирователь сигналов горизонтальных полос градаций яркости при правильной сборке и исправных элементах налаживания не требуют.

Налаживание генератора сигналов контроля четкости заключается в установке требуемых частот выходного сигнала (2,5 и 4 МГц) подбором номиналов элементов *C22, C23* и *R23*.

Налаживание транзисторных схем следует начинать с проверки режимов транзисторов по постоянному току на соответствие табличным данным. В эмиттерном повторителе проверяют качество передачи и отсутствие заметного ослабления выходного сигнала: амплитуда положительных импульсов видеосигнала на резисторе *R18* должна быть не менее 1,5 В, а отрицательных синхроимпульсов — около 0,5 В. Это соотношение обеспечивается сопротивлениями резисторов *R14, R15, R16*.

Целью налаживания формирователя сигналов вертикальных полос градаций яркости является получение на коллекторной нагрузке (резистор *R31*) транзистора *V9* ступенчатого линейно изменяющегося напряжения с размахом 2,8 В. Если режимы транзисторов *V8* и *V9* по постоянному току соответствуют табличным, а указанное требование не обеспечивается, то следует проверить осциллограмму ступенчатого напряжения на конденсаторе *C24*: при удовлетворительной линейности его размах должен составлять 2 В. Увеличить (уменьшить) размах этого напряжения можно, уменьшая (увеличивая) емкость конденсатора *C24*.

Генератор высокой частоты настраивают с помощью подстроечного конденсатора *C19* и сердечника катушки *L1* на несущую частоту изображения одного из первых четырех телевизионных каналов. Контроль частоты при настройке осуществляют по частотомеру или при помощи телевизионного приемника.

В описываемом устройстве генератор высокой частоты настроен на частоту 49,75 МГц первого телевизионного канала. При необходимости настройки генератора на частоты выше 84 МГц число витков катушки *L1* следует уменьшить до 10—12.

Качество произведенной настройки устройства можно оценить по изображению испытательных сигналов на экране телевизора. Для этого с помощью коаксиального кабеля следует соединить выходной разъем *«Выход ВЧ»* прибора с антенным входом телевизора. Селектор каналов телевизора необходимо переключить на соответствующий канал и затем включить питание телевизора и генератора испытательных сигналов.

В исходном состоянии кнопки *S1—S4* должны быть отжаты, что соответствует испытательному сигналу

«Белое поле». Регулировками *«Частота строк»* и *«Уровень видео»* следует добиться устойчивого синхронизированного растра. Затем регулировкой *«Частота строк»* надо остановить движение по вертикали едва заметных темных горизонтальных полос, указывающее на наличие разницы частот кадровой развертки и питающей сети. При нажатии кнопки *S1 «Сетчатое поле»* на экране телевизора должна появиться четкая белая сетка на

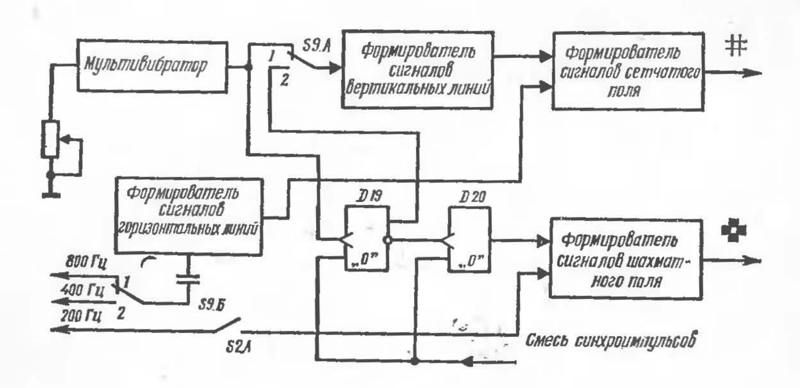


Рис. 4. Вариант структурного построения генератора испытательных сигналов

черном фоне. При необходимости конденсатором *C19* или сердечником катушки *L1* подстраивают генератор высокой частоты (АПЧ телевизора при этом следует отключить), и конденсатором *C21* подбирают уровень радиосигнала на выходе устройства.

Далее проверяют действие кнопок и тумблеров, соответствующих всем остальным испытательным сигналам.

Порядок проверок и регулировок параметров телевизионных приемников по испытательным сигналам широко описан в литературе и здесь не приводится.

В заключение отметим, что схема коммутации кнопкой *S9 «Редко — Густо»* может быть выполнена в соответствии с рис. 4 и требует добавления двух триггеров *D19* и *D20*, но в то же время исключает необходимость подбора номиналов элементов *R5, C4* и *C5* с целью обеспечения равенства длительностей полупериодов выходного сигнала мультивибратора на частоте 80 кГц, о котором говорилось выше. В схеме рис. 4 равенство полупериодов сигнала по длительности обеспечивается автоматически. Сигнал частоты 200 Гц от делителя частоты на формирователь сигналов «Шахматного поля» подается только при нажатии кнопки *S2 «Шахматное поле»*. На входы *«Установка нуля»* триггеров *D19* и *D20* поступает смесь отрицательных строчных и кадровых синхроимпульсов, полученная с выхода инвертора *D2.4* после их суммирования.

Устройство автоматического определения полярности напряжения

Э. ЛАЗАРЕВИЧ

В цифровом вольтметре для автоматического определения полярности сигнала можно применить устройство, схема которого приведена на рис. 1. Оно состоит из генератора линейно уменьшающегося напряжения *G1*, узлов сравнения *D1* и *D2*, узла несовпадения на микросхемах *D3* и *D4*, триггера *D5*, а также усилителей тока на транзисторах *V1* и *V2*, в коллекторные цепи которых включены индикаторные лампы *H1* и *H2* соответственно. Принцип работы устройства пояснен временными диаграммами, изображенными на рис. 2. Линейно уменьшающееся напряжение $U_{лин}$ с генератора *G1* поступает одновременно на входы узлов сравнения *D1* и *D2*.

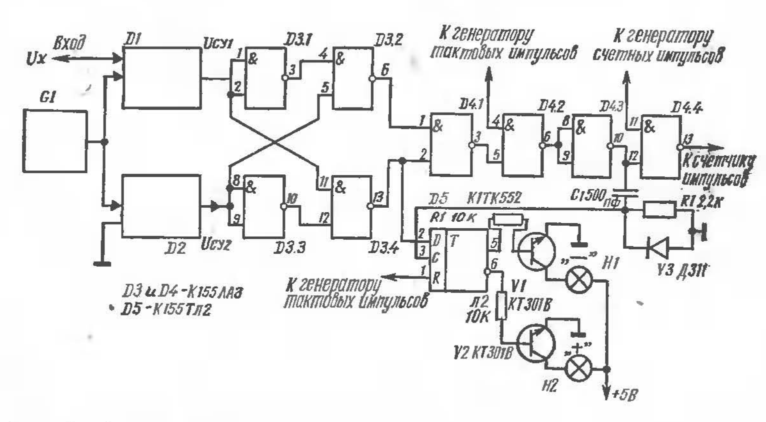


Рис. 1. Функциональная схема устройства

На второй вход узла *D1* поступает измеряемое напряжение U_x, а второй вход узла *D2* заземлен.

Рассмотрим работу устройства в случае измерения, например положительного напряжения U_{x1}: в момент, когда напряжение $U_{лин}$ станет равным измеряемому напряжению U_{x1}, на выходе узла *D1* формируется макси-

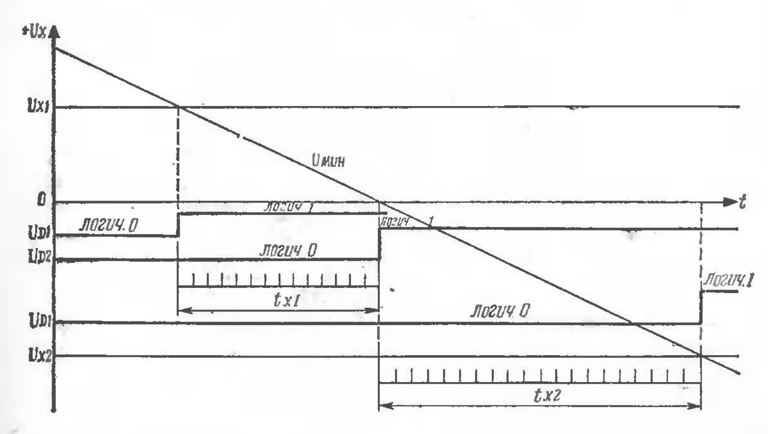


Рис. 2. Временные диаграммы

мальный уровень — логическая 1. При этом на выходе узла *D2* сохраняется логический 0 вплоть до момента достижения линейно уменьшающимся напряжением нулевого уровня: как только напряжение $U_{лин}$ станет равным нулю, на выходе узла *D2* вырабатывается уровень логической 1. Таким образом, в интервале времени t_{x1} между моментами срабатывания узлов *D1* и *D2* на входы инверторов *D3.1* и *D3.3* поступают уровни логической 1 и логического 0 соответственно. При этом на выходе элемента *D3.2* формируется уровень логической 1, на выходе *D3.4* — логического 0 и, следовательно, на выходе узла *D4.1* вырабатывается уровень логической 1. При поступлении импульса опроса с генератора тактовых импульсов вольтметра на выходе вентиля *D4.2* появится логический 0, который инвертируется элементом *D4.3*. Логическая 1 управляет работой вентильного устройства *D4.4*, на второй вход которого поступают импульсы с генератора счетных импульсов цифрового вольтметра. Таким образом, интервал времени t_{x1} меж-

ду моментами срабатывания узлов *D1* и *D2* оказывается заполненным счетными импульсами, число которых подсчитывается счетчиком цифрового вольтметра.

Уровень логического 0 с выхода элемента *D3.4* подан на вход *D* триггера *D5*, на вход *C* которого через дифференцирующую цепочку *R1C1V1* поступает сигнал синхронизации.

При этом сигнал с инвертирующего выхода триггера *D5* отпирает ключевой каскад на транзисторе *V2*, и лампа *H2* высвечивает знак «+».

При измерении отрицательного напряжения, например U_{x2}, вначале срабатывает узел *D2*, на выходе которого формируется уровень логической 1, а затем *D1*, на выходе которого уровень логической 1 формируется в момент равенства напряжений $U_{\text{лин}}$ и U_{x2}.

Таким образом, формируется интервал времени t_{x2}, заполняемый счетными импульсами. Уровень логической 1 с выхода элемента *D3.4* поступает на информационный вход триггера *D5*, синхронизируемого импульсом с выхода инвертора *D4.3*. При этом триггер *D5* устанавливается в единичное состояние. Тогда сигнал с неинвертирующего выхода триггера *D5* отпирает транзистор *V1*, в коллекторной цепи которого лампа *H1* высвечивает знак «—».

Импульсы сброса, поступающие с генератора тактовых импульсов цифрового вольтметра, устанавливают триггер *D5* в исходное нулевое состояние. Начинается новый цикл работы устройства.

Исполнение генератора *G1* и узлов сравнения *D1* и *D2* в данной статье не описывается.

Предлагаемое устройство построено на трех микросхемах серии К155: *D3* и *D4* — ИМС К155ЛА3, а *D5* — К155ТВ2.

Двухлучевой осциллограф

В. ФИЛИПЬЕВ

Вниманию радиолюбителей предлагается малогабаритный двухлучевой осциллограф на интегральных микросхемах (ИМС) и транзисторах, предназначенный для визуального исследования одновременно двух электрических сигналов, вольтамперных и фазовых характеристик и т. п.

В осциллографе применена электроннолучевая трубка (ЭЛТ) 8Л039В с длительным послесвечением, что дает возможность наблюдать медленноменяющиеся процессы. В отличие от традиционных методов воспроизведения второго луча коммутацией сигналов на входе, в данном приборе переключение каналов производится после предварительного усиления, что позволило сохранить достаточно высокими входные параметры каналов.

Генератор развертки осциллографа кроме основных режимов (непрерывного и ждущего) может работать с автоматическим переходом из непрерывного режима в ждущий при появлении сигнала: тем самым, помимо удобства эксплуатации, исключена возможность прогорания люминофора экрана ЭЛТ.

Прибор позволяет сравнивать исследуемые сигналы по амплитуде. Информация в этом случае воспроизводится на экране в виде двух светящихся вертикальных линий, положение которых можно произвольно менять.

Диапазон амплитуд исследуемых сигналов 1 мВ — 12 В. Максимальная чувствительность усилителей отклонения 0,5 мм/мВ; регулировка чувствительности плавная и ступенчатая с коэффициентом пересчета 10 (1 : 1, 1 : 10, 1 : 100). Полоса пропускания осциллографа по уровню 3 дБ составляет 0—100 кГц. Входное сопротивление 1,6 МОм на всех пределах. Длительность развертки на каждом из пяти диапазонов плавно регулируется в пределах: 10 с — 1 с; 1 с — 0,1 с; 0,1 с — 10 мс; 10 мс — 1 мс; 1 мс — 0,1 мс. Коэффициент нелинейности развертки не хуже 3%.

Синхронизация развертки осциллографа внутренняя и внешняя. Амплитуда напряжения внешней синхронизации 0,15—10 В.

Осциллограф питается от сети переменного тока напряжением 220 В. Потребляемая им мощность не превышает 25 Вт. Габариты прибора 115 × 230 × 320 мм.

Осциллограф, функциональная схема которого приведена на рис. 1, содержит: ЭЛТ, идентичные каналы вертикального и горизонтального отклонения, коммутатор каналов, управляемый триггером, мультивибратор, генератор развертки с узлом гашения обратного хода луча ЭЛТ и блок питания. Каждый из каналов откло-

нения включает в себя аттенюатор, предварительный усилитель и усилитель отклонения. Схема коммутации обеспечивает включение осциллографа в любой из трех основных режимов работы:

режим *«1 луч»*. Включение в этот режим работы производится нажатием клавиши *S4.1* ячейки сброса блока

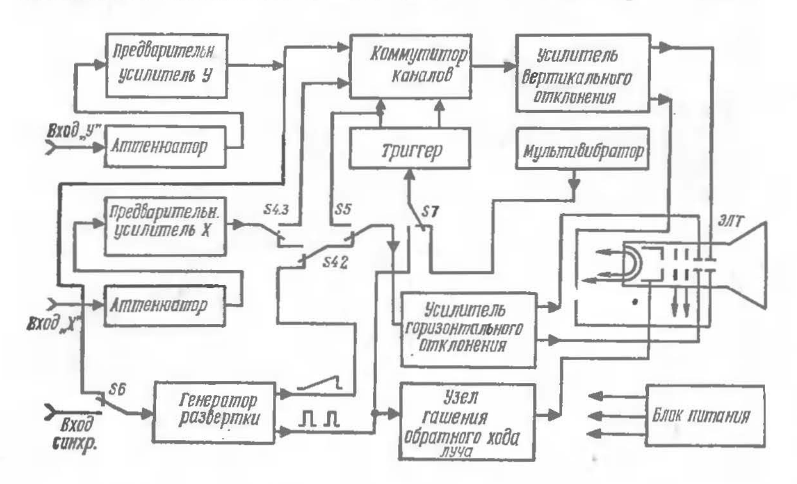


Рис. 1. Функциональная схема осциллографа

переключателей *S4*. При этом выход генератора развертки осциллографа подключается к входу усилителя горизонтального отклонения, выход предварительного усилителя *X* канала горизонтального отклонения отключается, а триггер устанавливается в такое состояние, что управляемый им коммутатор каналов обеспечивает подключение выхода предварительного усилителя *Y* к входу усилителя вертикального отклонения.

Таким образом, в режиме работы *«1 луч»* исследуемый сигнал подают на вход *Y* канала вертикального отклонения, а развертка луча ЭЛТ по горизонтали осуществляется от генератора развертки. В зависимости от положения переключателя *S6* запуск генератора развертки производится сигналом с выхода предварительного усилителя *Y* (внутренняя синхронизация), либо от внешнего генератора через разъем *«Вход синхр»*;

режим *X — Y*. Нажатием клавиши *S4.2* выход предварительного усилителя *X* подключается к входу усили-

теля горизонтального отклонения. В этом режиме используются, таким образом, оба канала отклонения: один из исследуемых сигналов подают на вход *Y* канала вертикального отклонения осциллографа, а развертку луча ЭЛТ по горизонтали осуществляют вторым исследуемым сигналом, подаваемым на вход *X* канала горизонтального отклонения. Как известно, такой режим работы весьма удобен для исследования различного рода функциональных зависимостей — вольтамперных характеристик, фазовых сдвигов, для определения частоты сигнала методом фигур Лиссажу и т. п.;

режим *«2 луча»*. При нажатой клавише *S4.3* выход предварительного усилителя *X* канала горизонтального отклонения подключается к входу коммутатора каналов. При этом на вход усилителя вертикального отклонения осциллографа с помощью коммутатора поочередно подаются исследуемые сигналы.

Развертка луча ЭЛТ по горизонтали производится в этом режиме от генератора развертки, выход которого через переключатели *S4.2* и *S5* подключен к входу усилителя горизонтального отклонения.

Управление коммутатором каналов осуществляется выходными сигналами триггера, который, в свою очередь, запускается от мультивибратора с частотой 10 кГц, либо — при нажатой клавише переключателя *S7* — от генератора развертки. Этот режим используется при исследованиях сигналов частотой выше 20 Гц. При исследованиях более низкочастотных процессов для запуска триггера целесообразно использовать мультивибратор; осциллограмма при этом будет представлять собой две непрерывные светящиеся линии;

при нажатии клавиши переключателя *S5* вход усилителя горизонтального отклонения осциллографа подключается в одному из выходов триггера. При подаче на входы *X* и *Y* осциллографа исследуемых сигналов частотой выше 20 Гц на экране воспроизводятся две вертикальные светящиеся линии, высоты которых определяются амплитудами исследуемых сигналов. Этот дополнительный режим удобен при сравнении амплитуд исследуемых сигналов и исследовании медленных процессов.

Принципиальная электрическая схема осциллографа приведена на рис. 2.

Цепь	Конт
Вход У	1А
Общ	1Б
Вход У'	2А
Общ	2Б
	3А
Общ.	3Б
	4А
Общ.	4Б
Вход синхр.	5А
Общ	5Б
Вход X'	6А
Общ.	6Б
Вход X	7А
Общ	7Б

а

Смещение У

Усиление У

Смещение X

Усиление X

„Ампл. разв."

„Смещ. разв."

Рис. 2 (а и б). Принципиальная схема осциллографа

„Частота плавно"

Уровень синхр.

„Яркость"

„Фокус"

„Длительность развертки"

A6 - К1УТ401Б

D1 - К155ЛА4, D2 - К155ТВ1

D3 - К155ЛА3

б

Каналы вертикального и горизонтального отклонения идентичны, поэтому рассмотрим построение и работу одного из них — канала вертикального отклонения.

Исследуемый сигнал через разъем *«Вход Y»* (открытый вход осциллографа) или через разъем *«Вход Y'»* (закрытый вход) поступает на ступенчатый аттенюатор *S1* с коэффициентами деления: 1 : 1, 1 : 10, 1 : 100. Выход аттенюатора через резистор *R11* связан с неинвертирующим входом предварительного усилителя *Y* — дифференциального усилителя, выполненного на ИМС *A1* (К1НТ591Е) и *A2* (К1УТ401Б). Транзисторы микросхемы работают в режиме дифференциального эмиттерного повторителя: их нагрузкой является входное сопротивление ИМС *A2*. В целом предварительный усилитель охвачен отрицательной обратной связью с выхода на инвертирующий вход через резисторы *R10, R15*.

Переменным резистором *R10* осуществляется плавная регулировка усиления от 10 до 100. Смещение луча ЭЛТ по вертикали регулируют резистором *R7*, а напряжение смещения нуля на входе усилителя компенсируют подстроечным резистором *R14*. Диоды *V1* и *V2* установлены для защиты входных цепей усилителя от перегрузок по напряжению. Элементы *C4, R16* устраняют самовозбуждение ИМС *A2*.

Такое построение предварительного усилителя обеспечивает входное сопротивление осциллографа не менее 2 МОм на частоте 1000 Гц, малые шумы и дрейф выходного сигнала.

Усилитель вертикального отклонения выполнен на транзисторах *V5* и *V6* по балансной схеме с эмиттерным повторителем (транзистор *V4*) на входе. Балансировку усилителя производят переменным резистором *R28*.

В качестве коммутатора каналов использован интегральный прерыватель на полевых транзисторах К1КТ901 (*A3*).

Во входные цепи коммутатора включены диоды *V3* и *V13*, предотвращающие одновременное включение обоих каналов в случаях больших амплитуд сигналов с выходов микросхем *A2* и *A5*.

Для нормальной работы микросхемы *A3* необходимо, чтобы потенциал, открывающий ключ, был больше суммы максимального переключаемого напряжения и напряжения срабатывания ключа. Поэтому триггер на транзисторах *V7* и *V10* питается повышенным напряжением.

При работе осциллографа в режиме *«2 луча»* на счетный вход триггера через переключатель *S4.3* поступают импульсы запуска, которые переключают триггер, обеспечивая тем самым поочередное прохождение через коммутатор исследуемых сигналов со входа *Y* и со входа *X*. В других режимах работы база и эмиттер транзистора *V7* замкнуты переключателем *S4.3*. При этом высокий потенциал на коллекторе запертого транзистора *V7* поддерживает коммутатор постоянно открытым для сигналов, подаваемых на вход *Y* осциллографа.

Наиболее сложной частью осциллографа является генератор развертки, за основу которого принят с незначительными изменениями генератор пилообразного напряжения, описанный в журнале «Радио», № 11, 1976 год. Этот генератор формирует пилообразное напряжение независимо от того, поступают ли на его вход импульсы запуска или же отсутствуют. При отсутствии синхроимпульсов устройство работает в автоколебательном режиме, а при подаче на вход синхроимпульсов автоматически переключается в режим принудительного запуска. Изменения в схеме генератора проводились с целью увеличения амплитуды выходного пилообразного напряжения до 8 В с сохранением достаточной линейности развертки.

Пилообразное напряжение формируется здесь путем заряда одного из конденсаторов *C22*—*C26* постоянным током через токостабилизирующий полевой транзистор *V17*. По окончании рабочего хода развертки конденсатор быстро разряжается через транзистор *V20*, работающий в режиме ключа.

В предложенной схеме генератора развертки на затворе токостабилизирующего транзистора *V17* действует напряжение обратной связи с коллектора транзистора *V18*.

Подбор величины сопротивления резистора *R63* позволяет обеспечить линейность выходного пилообразного напряжения не хуже 3%.

Транзистором *V20* управляет ждущий мультивибратор, собранный на элементе «3И—НЕ» *D1.2* и двух (*D1.1* и *D1.3*) инверторах. Длительность импульса, обеспечивающего разряд конденсаторов *C22*—*C26*, опреде-

ляется конденсаторами *C27—C31*, т. е. положением переключателя *S3.2*. Порог срабатывания мультивибратора, а значит, и максимальное значение амплитуды пилообразного напряжения устанавливают подбором резистора *R69*.

При работе в автоколебательном режиме запуск ждущего мультивибратора производится по входу *2* элемента *D1.2*, а в ждущем режиме — по входу *13*, соединенному с выходом *6* триггера *D2*. Импульсы синхронизации вырабатываются устройством, состоящим из усилителя на микросхеме *A6*, работающей в режиме ключа, и дифференцирующей цепочки *C16, R67, R68*. Ключевой режим работы ИМС *A6* обеспечивается положительной обратной связью через резистор *R66*. Уровень синхронизации устанавливают переменным резистором *R61*. Сформированные таким образом импульсы синхронизации поступают на вход *G* триггера *D2* и на устройство (*D3.1, V26* и *D3.2*), определяющее наличие синхроимпульсов. В случае отсутствия синхроимпульсов на вход *13* элемента *D1.2* с выхода *6* триггера *D2* поступает высокий логический уровень, разрешающий запуск ждущего мультивибратора по входу *2*.

При наличии синхроимпульсов уровень логической единицы с выхода *6* элемента *D3.2* воздействует на вход *R* триггера *D2*, блокируя тем самым генератор развертки до очередного синхроимпульса. Если же очередной синхроимпульс не поступает в течение 0,3—0,5 с, то уровень логического нуля с выхода *6* элемента *D3.2* переключает генератор развертки в режим автоколебаний.

Включение генератора развертки в принудительный ждущий режим работы осуществляется нажатием клавиши переключателя *S8*. Тогда на выходе элемента *D3.2* формируется постоянный высокий уровень, разрешающий развертку луча ЭЛТ только с поступлением синхроимпульса.

Выходные сигналы мультивибратора, построенного на элементах *D1.1, D1.2* и *D1.3*, поступают также на базу транзистора *V27* узла гашения луча ЭЛТ и, кроме того, через согласующий эмиттерный повторитель на транзисторе *V23* и переключатель *S7* поданы в обмотку трансформатора *T1* для управления коммутатором каналов осциллографа.

Мультивибратор, обеспечивающий (при нажатии клавиши переключателя *S7*) переключение каналов осциллографа с частотой 10 кГц, построен на элементах *D3.3, D3.4* с хронирующими конденсаторами *C19* и *C20*.

Блок питания осуществляет стабилизированное питание микросхем и нестабилизированное питание выходных каскадов, накала ЭЛТ и ее электродов. Высокое напряжение вырабатывается в блоке питания методом учетверения. Средняя точка умножителя заземлена — этим достигается получение симметричных относительно корпуса напряжений +1,5 кВ и —1,5 кВ.

Основа конструкции осциллографа — каркас, выполненный из дюралюминиевого уголка размером 15 × × 15 мм.

Для защиты от влияний внешних электромагнитных полей осциллографическая трубка заключена в глухой цилиндрический экран, изготовленный из стального листа толщиной 1,0 мм.

Монтаж осциллографа выполнен на четырех печатных платах: на плате 1 размещены элементы канала вертикального отклонения и коммутатора каналов с управляющим триггером; канал горизонтального отклонения и генератор развертки осциллографа смонтированы на платах 2 и 3 соответственно, а монтаж блока питания выполнен на плате 4.

Плата 4 изготовлена размером 60 × 120 мм, а размеры остальных печатных плат составляют 55 × 120 мм.

При сборке осциллографа печатные платы устанавливают вертикально вдоль боковых стенок корпуса (по две с каждой стороны) и закрепляют на каркасе.

Потенциометры и кнопочные переключатели типа П2К установлены на передней панели осциллографа, изготовленной из дюралюминия толщиной 3 мм.

Переключатели *S1—S3*, с целью более полного использования внутреннего объема, закреплены на отдельной панели, установленной за потенциометрами. Ручки этих переключателей выведены на переднюю панель прибора.

В качестве входных гнезд осциллографа использована колодка РП-14 с 16 контактами. Контакты нижнего ряда колодки соединены с корпусом. Транзисторы *V5, V6* и *V15, V16* попарно подобраны и установлены на радиаторах, изготовленных из П-образного уголка.

В качестве изолятора применена лавсановая пленка толщиной 0,05 мм.

Проводники объемного монтажа связаны нитками в жгут таким образом, что каждая плата и передняя панель осциллографа могут откидываться.

Боковые стенки корпуса прибора изготовлены из дюралюминия толщиной 2 мм. В углах стенок просверлены группы вентиляционных отверстий диаметром 4 мм. На верхней крышке осциллографа установлена ручка для его переноски. Наружная поверхность корпуса прибора, исключая переднюю панель, оклеена пленкой, имитирующей ценные породы дерева.

В качестве трансформатора *T1* можно использовать выходной трансформатор любого транзисторного приемника. Первичная обмотка его подключается к конденсатору *C32*.

Силовой трансформатор *T2* выполнен на сердечнике ПЛ12,5 × 2,5—40 со следующими моточными данными: обмотки *I, II, III* имеют соответственно 2200, 150 и 150 витков провода ПЭВ-2; обмотка *IV* содержит 1750 витков провода ПЭВ-2 0,1; обмотки *V* и *VII* — 75 и 80 витков соответственно провода ПЭВ-2 0,55; а высоковольтная обмотка *VI* выполняется проводом ПЭЛШО 0,09 и содержит 7000 витков.

Силовой трансформатор установлен в осциллографе у задней стенки под цоколем ЭЛТ. Электромагнитный экран трансформатора, изготовленный из стали толщиной 1,0 мм, использован одновременно и для установки конденсаторов *C33—C36* фильтра высокого напряжения.

Электролитические конденсаторы *C37—C38* крепятся на специальном кронштейне.

Применение микросхем позволило значительно упростить процесс наладки осциллографа. Прежде всего следует проверить работоспособность всех источников питания.

Перед включением осциллографа в сеть убеждаются в отсутствии коротких замыканий в цепях питания. Измеряют выходные напряжения блока питания на соответствие значениям, указанным на принципиальной схеме.

Проверяют правильность подачи напряжений на электроды ЭЛТ и действие регулировок яркости и фокусировки.

Затем приступают к настройке плат усилителей отклонения. Регулировку *R10* устанавливают в положение, соответствующее максимальному усилению канала вертикального отклонения. Движок резистора *R7* следует установить в среднее положение. Подстроечным резистором *R14* на выходе микросхемы *A2* устанавливают напряжение, равное 0 ± 0,5 В. С помощью подстроечного резистора *R28* производят балансировку усилителя вертикального отклонения, установив на коллекторах транзисторов *V5* и *V6* напряжения, равные +105 ±5 В относительно корпуса.

Аналогичные регулировки производят на плате усилителя горизонтального отклонения.

Самовозбуждение в ИМС *A2* и *A5* устраняют подбором сопротивлений резисторов *R16* и *R48*. При необходимости следует подобрать также и емкости конденсаторов *C4* и *C13*.

Затем проверяют правильность работы каналов осциллографа в целом. Нажатием клавиши *S4.2* осциллограф включают в режим работы *X—Y*. При этом светящаяся точка на экране ЭЛТ должна располагаться в центральной его области. Проверяют действие регулировок смещения (*R7* и *R39*).

Подав сигнал на вход *Y* осциллографа, убеждаются в наличии вертикального отклонения луча ЭЛТ. Аналогичную проверку производят и в канале горизонтального отклонения. При подаче сигнала одновременно на оба входа осциллографа на экране должен воспроизводиться отрезок прямой линии, располагающийся (в случае равенства коэффициентов усиления в каналах) под углом 45°.

Если при подаче на входы осциллографа низкочастотных сигналов (частотой менее 100 Гц) наблюдается отклонение траектории луча от прямолинейной, то это свидетельствует о нелинейности амплитудной характеристики одного из каналов. Обычно это происходит из-за неисправностей в одном из усилителей отклонения.

Иногда из-за несимметричности частотных и фазовых характеристик каналов при подаче на входы осциллографа высокочастотных сигналов (частотой более 10 кГц) наблюдается раздвоение луча. При необходимости указанное явление устраняется более тщательным подбором элементов *C4, R16* и *C13, R48*.

Настройку генератора развертки следует начать с подбора резистора *R69*. Для этого нажимают клавишу переключателя *S3*, а переменный резистор *R60* устанавливают в положение, соответствующее самой медленной развертке. Затем, контролируя вольтметром напряжение на выходе генератора, следует подобрать такое сопротивление резистора, при котором размах амплитуды выходного напряжения достигает 8 В.

Для подбора сопротивления резистора *R63* в разрыв цепи между стоком полевого транзистора *V17* и конденсатором *C22* необходимо включить микроамперметр, рассчитанный на измерение постоянного тока до 100 мкА. Следует подобрать такое значение *R63*, при котором ток в процессе заряда конденсатора *C22* остается постоянным и составляет 50—70 мкА. Подгонку диапазона развертки осциллографа производят подбором сопротивления резистора *R62*. Все остальные диапазоны развертки сопрягаются автоматически.

Правильность работы генератора развертки проверяют следующим образом: на вход *Y* осциллографа с НЧ-генератора подают сигнал частотой 1000 Гц. Вращая ручку потенциометра *R61*, следует убедиться в наличии синхронизации. Затем быстрым поворотом регулировки *R61* синхронизацию сбивают. При этом развертка луча должна исчезнуть, а через 0,5—0,7 с вновь появиться, но уже в автоколебательном режиме. Восстановив резистором *R61* синхронизацию, следует нажать клавишу переключателя *S8* и убедиться в наличии принудительной ждущей развертки.

Остальные узлы осциллографа при правильно выполненном монтаже регулировок не требуют.

СОДЕРЖАНИЕ